

**PROTOTIPO DE UNA RED DE MONITOREO DE OLORES OFENSIVOS PARA EL
CONTROL Y MANEJO DE LA CALIDAD DEL AIRE.**

DANIEL FELIPE RAMÍREZ ARBELÁEZ
JEISSON DAVID MÉNDEZ ALFONSO
OSCAR FABIÁN HERNÁNDEZ GÓMEZ.

REALIZADO CON LA ASESORÍA DE:
ÓSCAR MAURICIO ARIAS BALLÉN
GUSTAVO ANDRÉS CONTRERAS HERNÁNDEZ

UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
MAYO, 2019

UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ÁREA DE ÉNFASIS: SENSÓRICA

**PROTOTIPO DE UNA RED DE MONITOREO DE OLORES OFENSIVOS PARA EL
CONTROL Y MANEJO DE LA CALIDAD DEL AIRE.**

DANIEL FELIPE RAMÍREZ ARBELÁEZ
JEISSON DAVID MÉNDEZ ALFONSO
OSCAR FABIÁN HERNÁNDEZ GÓMEZ.

REALIZADO CON LA ASESORÍA DE:
ÓSCAR MAURICIO ARIAS BALLÉN
GUSTAVO ANDRÉS CONTRERAS HERNÁNDEZ

Página de Aprobación. Inclusión de Acta de grado.

NOTA DE SALVEDAD

Según el artículo 37 del 14 de diciembre de 1989 del acuerdo 017, "La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velara por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia".

AGRADECIMIENTOS

Ofrecemos nuestros más sinceros agradecimientos:

Primero, a Dios por permitirnos culminar esta etapa de nuestra formación profesional.

A nuestros padres y hermanos quienes con tanta paciencia y amor siempre nos han acompañado.

Al Ingeniero Gustavo Contreras director del proyecto, por su conocimiento y orientación.

A Juan Carlos Caro y David Beltrán asesores quienes durante el desarrollo del proyecto realizaron importantes aportes.

A cada uno de los docentes de pregrado quienes con su calidad humana y conocimientos aportaron a lo largo del proyecto.

A todos y cada uno de los colaboradores en quienes realizaron aportes significativos y concretos.

RESUMEN

Debido a los constantes problemas ambientales y sociales derivados de la producción avícola y la ubicación geográfica del municipio de Guayabal de Siquima del departamento de Cundinamarca, además de la ausencia de pruebas determinantes que condujeran a demostrar la necesidad de contar con un monitoreo constante de las partículas contaminantes en dicho municipio, se realizó un estudio incluyendo diseño, implementación y las respectivas pruebas de una red de monitoreo de olores ofensivos. Esta red se basó en las mediciones de partículas químicas como el sulfuro de hidrógeno (H_2S), amoníaco (NH_3) y variables meteorológicas como la velocidad del viento, lo cual se inició con una investigación de campo basada en fuentes primarias, puntualizando en la importancia de la calidad del aire, obteniendo como resultado las mediciones necesarias a tener en cuenta para el desarrollo de un mapa de dispersión.

Palabras Clave: (Producción avícola, ubicación geográfica, partículas químicas)

ABSTRACT

Due to the constant environmental and social problems related to the poultry production and the geographical location of the municipality "Guayabal de Siquima" in the department of Cundinamarca, Colombia; in addition to the absence of decisive evidence that could lead to demonstrate the need for constant air quality monitoring, a study was conducted, including the design, implementation and the respective tests of an offensive odour monitoring network. This network was based on measurements of chemical particles such as hydrogen sulfide (H₂S) and ammonia (NH₃), starting with a field research based on primary sources, pointing out the importance of air quality, and obtaining as the main result the initial measurements to take into account for a dispersion map development.

Keywords: (Poultry production, location geographical, chemical particles)

Tabla de Contenidos

1. Introducción	13
2. Definición del problema	13
2.1 Contexto	13
2.2 Manifestación.	14
2.3 Causas.....	14
2.4 Efectos.....	15
2.5 Aspectos por solucionar	15
2.6 Justificación del proyecto	15
2.7 Propuesta de solución	16
3. Estado del arte.....	16
3.1 Bases teóricas.....	16
3.2 Tecnología	17
4. Glosario de términos.....	20
5. Objetivos.....	21
5.1 General	21
5.2. Específicos	21
6. Requerimientos.....	21
6.1 Requerimientos funcionales	21
6.2 Requerimientos de calidad	21
6.3 Requerimientos de restricción	22
7. Diseño funcional.....	22
7.1 Primera propuesta de solución	22
7.2 Segunda Propuesta Solución	24
7.3 Sumatoria de funciones Vs. Función del sistema.	25
7.4 Elección Propuesta Solución.....	25
8. Diseño detallado	26
8.1 Requerimientos de los subsistemas.....	26
8.2 Requerimientos de componentes.....	28
8.3 Esquemático del sistema.....	40
9. Plan de pruebas	40
9.1 Plan de pruebas de componentes.....	40
9.2 Plan de pruebas de subsistemas.....	42
9.3 Plan de pruebas de integración.	43
10. Diseño Industrial	44

11. Implementación	57
11.1 Implementación de los subsistemas.....	58
11.2 Integración del sistema.....	68
12. Pruebas	70
12.1 Pruebas de componentes.....	70
12.2 Pruebas de subsistemas.....	74
13. Ajustes	76
14. Pruebas del sistema.....	77
15. Manuales	80
15.1 Manual de usuario.....	80
15.2 Manual de mantenimiento.....	80
16 Resultados	81
17. Discusión	84
18. Conclusiones	85
19. Referencias documentales.....	86
20. Anexos	88

Lista de Figuras

Figura 1 Concentraciones de elementos contaminantes en Bogotá	18
Figura 2 Sistema de medición actuales.....	18
Figura 3 Sistemas de monitoreo móvil.....	19
Figura 4 Sistema de monitoreo en campo.....	19
Figura 5 Primera propuesta de diseño funcional.....	22
Figura 6 Segunda propuesta de diseño funcional	24
Figura 7 Diseño funcional elegido	25
Figura 8 Subsistemas.....	26
Figura 9 Subsistema A.....	27
Figura 10 Subsistema C.....	27
Figura 11 Subsistema D.....	28
Figura 12 Sistema de recolección de datos.....	28
Figura 13 Dispositivo MQ-137 NH3.....	31
Figura 14 Composición interna del sensor MQ-137	31
Figura 15 Dispositivo MQ-136.....	33
Figura 16 Composición interna sensor MQ-136	33
Figura 17 Controlador ATMEGA2560.....	35
Figura 18 Distribución interna Dispositivo GPS.....	36
Figura 19 Bloques de composición interna ESP8266	37
Figura 20 Fuente de alimentación.....	38
Figura 21 Simulación PCB.....	38
Figura 22 Esquemático de simulación y pruebas.....	39
Figura 23 Potenciómetro al 25%.....	39
Figura 24 Potenciómetro al 50%.....	39
Figura 25 Conexiones de integración.....	40
Figura 26 Tubo cilíndrico.....	49
Figura 27 Planos de diseño para Mástil.....	50
Figura 28 Unión por soldadura en arco.....	50
Figura 29 Uniones con pernos o tornillos	51
Figura 30 Caja Nema	52
Figura 31 Contenedor de protección.....	52
Figura 32 Primera Opción de configuración.....	55
Figura 33 Segunda opción de configuración.....	55
Figura 34 Diseño a Implementar (Vista general del espacio).....	56
Figura 35 Montaje preliminar (Pruebas)	57
Figura 36 Fuente operativa	58
Figura 37 Implementación de los sensores Q-137	59
Figura 38 Calculo de Resistencia según fabricante. (R0)	59
Figura 39 Índices de concentración en Sensores MQ.....	60
Figura 40 Código de programación para Sulfuro de Hidrógeno	61
Figura 41 Concentración Sulfuro de Hidrógeno.....	62
Figura 42 Concentración de Amoniaco.....	63
Figura 43 Implementación de mástil.....	64
Figura 44 Conexión de anemómetro con tarjeta Arduino.....	65
Figura 45 Código de programación Anemómetro.....	65
Figura 46 Verificación de operación y conectividad.....	66

Figura 47 Sim808 conectada.	66
Figura 48 Comandos AT.....	67
Figura 49 Plataforma desde celular	68
Figura 50 Plataforma en computador.	68
Figura 51 Estructura y conexión de componentes.....	69
Figura 52 Concentración de Amoniaco en sitio (Pruebas).....	71
Figura 53 Concentración de Sulfuro de Hidrógeno en sitio (Pruebas)	72
Figura 54 Prueba Sim808 GSM GPRS.	73
Figura 55 Calibración módulo de comunicación SIN ERRORES.....	75
Figura 56 Visualización en tiempo real (Ambiente de pruebas)	75
Figura 57 Ajuste de mástil en sitio de implementación.....	76
Figura 58 Ajuste de componentes en caja Nema	76
Figura 59 Ajuste de conexiones físicas y montaje.....	77
Figura 60 Sistema de sensores posicionados.....	77
Figura 61 Concentraciones de amoniaco registradas en la red.....	81
Figura 62 Concentraciones de Sulfuro de Hidrógeno publicadas en la red.....	82
Figura 63 Niveles de velocidad del viento.	82
Figura 64 Ventana para selección de archivos para exportar.	83
Figura 65 Archivo exportado a equipo local	83
Figura 66 Montaje de instalación.	84
Figura 67 Herramientas de mano para instalación.	88
Figura 68 Componentes fases modulares.	89
Figura 69 Base Nivelada.	89
Figura 70 Eje central compacto.	90
Figura 71 Ejes laterales compactos.	90
Figura 72 Base asegurada.....	91
Figura 73 Base, ejes laterales y base compacta y asegurada	91
Figura 74 Ensamble inicial.....	92
Figura 75 Ensamble de Anemómetro.....	92
Figura 76 Plano de conexiones.	93
Figura 77 Ensamble de caja a estructura.	93
Figura 78 Revisión antes de ensamble de caja a estructura.....	94
Figura 79 Página de inicio.	94
Figura 80 Registro.....	95
Figura 81 Formulario de inscripción	95
Figura 82 Interfaz de usuario.	96
Figura 83 Visualización gráfica de variables.	96
Figura 84 Hoja de Cálculo	98

Lista de Tablas

Tabla 1 Función del sistema de monitoreo Vs Sumatoria de Funciones.....	25
Tabla 2 Características dispositivo detector de NH ₃	30
Tabla 3 Sensor detector de H ₂ S.	32
Tabla 4 Sensor detector de velocidad y dirección del viento.	33
Tabla 5 Controlador.....	34
Tabla 6 Características GPS.....	35
Tabla 7 Plan de Pruebas Medición Sulfuro de Hidrógeno.....	40
Tabla 8 Plan de Pruebas Medición Amoniaco	41
Tabla 9 Plan de Pruebas Anemómetro.....	41
Tabla 10 Plan de Pruebas Trasmisión.....	41
Tabla 11 Plan de Pruebas Recepción.....	41
Tabla 12 Plan de Pruebas Mástil	42
Tabla 13 Características Aluminio	48
Tabla 14 Características contenedores de protección.....	51
Tabla 15 Características Caja Nema	52
Tabla 16 Tareas del proyecto	53
Tabla 17 Presupuesto.	53
Tabla 18 Evaluación Alternativa Final	56
Tabla 19 Amoniaco en ambiente de pruebas	71
Tabla 20 Sulfuro de Hidrógeno en Ambiente de pruebas.....	72
Tabla 21 Sim808 GSM GPRS en ambiente de pruebas	73
Tabla 22 Conversión.....	74
Tabla 23 Formato de pruebas.....	78

1. INTRODUCCIÓN

La población del municipio de Guayabal De Síquima, departamento de Cundinamarca-Colombia; se ve afectada por el impulso de varios procesos productivos que se desarrollan a diario; entre los que se encuentra la porcicultura y la avicultura. Teniendo en cuenta lo anterior, se presentan en algunos sectores fuertes concentraciones de malos olores debido a la cantidad de animales dentro de los galpones y criaderos. De igual forma las características geográficas facilitan que los olores considerados ofensivos en el proyecto; se dispersen rápidamente alrededor y sobre la cuenca hidrográfica del municipio afectando la calidad de vida de sus habitantes.

La Universidad El Bosque cuenta con un Semillero de Química Ambiental, el cuál está orientado a la consulta y el análisis de varios factores ambientales que afecten la calidad de vida de la población colombiana. Por esta razón, en coordinación con este Semillero se propone como alternativa de innovación y vinculación un prototipo de una red de monitoreo de olores ofensivos para el control y manejo de la calidad del aire, con el fin de realizar la medición de parámetros meteorológicos y material particulado. Para este caso en particular, los valores y mediciones serán sobre materiales como el Amoniaco (NH₃), Sulfuro de Hidrógeno (H₂S) y parámetros como la velocidad y dirección del viento. Como de integración no sólo académica sino tecnológica, se busca avanzar e innovar el estudio de mediciones reales y exactas para el desarrollo de un mapa de dispersión de olores ofensivos enfocado en el estudio de la calidad del aire de esta comunidad.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1 Contexto

Entendiendo la labor social y ambiental como un trabajo hecho en comunidad, se deben considerar elementos como los recursos naturales, los proyectos ambientales, su correcta administración y las implicaciones en la vida del ser humano, en su salud y su calidad de vida. Teniendo en cuenta la labor social que tiene la Universidad El Bosque en sus diferentes programas, el programa de Ingeniería Ambiental y electrónica vincula en sus componentes de formación la "Responsabilidad Social Universitaria" (RSU) como forma de solución para los problemas que presente alguna población o comunidad cercana a la Universidad. Los estudiantes de Ingeniería Ambiental ayudaran a la medición y el análisis respectivo de cada una de las variables existentes en el sitio de estudio.

Debido a esto, se toma en consideración una problemática socio ambiental en el municipio de Guayabal De Síquima-CUN.COL [1], ubicado a 69 Km de la ciudad de Bogotá a una altura aproximada de los 1640 m.s.n.m, esta comunidad desarrolla varias actividades productivas y comerciales participantes en la industria avícola y ganadera,

debido a esto, algunos de sus habitantes y visitantes presentan inconformidad con respecto a los malos olores presentados en el ambiente. Principalmente, los residentes del municipio identifican a esta problemática como el desencadenante a varios problemas de tipo social, ambiental y turístico en el futuro.

El proceso productivo en los galpones y criaderos en Guayabal de Siquima es el mayor emisor de olores ofensivos. Los habitantes con cercanías a dichos galpones presentan su inconformidad ante las entidades gubernamentales responsables de este tipo de problemas. La Administración Municipal intenta dar soluciones a su población, pero desafortunadamente carecen de algún tipo de instrumento capaz de medir alguna emisión de olor contaminante en el ambiente.

Datos:

1. El 94% de los galpones en el país no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales adecuado.
2. El 93% vierte sus aguas residuales directamente a un cuerpo de agua, al alcantarillado o a campo abierto.
3. El 84% vierte el contenido ruminal directamente a los cuerpos de agua o en campo abierto.
4. El 33% no hace en lo absoluto ningún uso de la sangre resultante de los procesos de sacrificio y faenado.
5. El 57% no cuenta con rubro presupuestal propio.
6. El 93% de los galpones de Colombia son de carácter público. [2].

2.2 Manifestación.

Los galpones y criaderos del municipio de Guayabal de Siquima provoca la emisión de olores ofensivos causados por la gran cantidad de desechos que generan durante el proceso productivo; principalmente la compañía colombiana "Pollos vencedor" en la cuenca que desemboca en el río Siquima. Las características geográficas del lugar dispersan el olor desde el sector rural de municipio hasta el centro de éste.

2.3 Causas

1. El proceso industrial de los galpones y criaderos del sector genera desechos tóxicos diariamente.
2. Los productores industriales en este municipio no cuentan con un reglamento que limite la cantidad de desechos tóxicos que puedan generar.
3. Los galpones y criaderos del sector no cuentan con ningún sistema que ayude a determinar las variables contaminantes.
4. Las condiciones meteorológicas y geográficas del municipio no ayudan a una correcta dispersión de los olores ofensivos.
5. Los galpones carecen de herramientas de seguimiento de la problemática ambiental.

2.4 Efectos

1. Emisión de olores ofensivos alrededor de los sectores urbano y rural del municipio.
2. Pérdida masiva de turismo y habitantes en el municipio.
3. La contaminación generada que afecta directamente a la calidad del aire.
4. El proceso productivo puede tomar más tiempo del habitual y generar mayor cantidad de desechos tóxicos y mal olor.

2.5 Aspectos por solucionar

Teniendo en cuenta el problema real sobre la contaminación del aire gracias a los galpones y criaderos de los animales del sector, en la mayor parte del país, el monitoreo [3] y el control de la contaminación ambiental ha tomado una relevancia exponencial en los últimos años debido a estudios realizados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), una de cada ocho muertes está relacionadas por contaminación del aire. El Departamento Nacional de Planeación estimó efectos del fenómeno atribuyéndole a la contaminación casi 11.000 muertes al año, producidos por este fenómeno. [4]

De esta forma y guiados de algunos conceptos, opiniones y visitas al sitio de estudio; se llega a pensar en la toma de datos, mediante tecnología de percepción no sólo de "olores" sino con un análisis mucho más exhaustivo de partículas presentes en el aire, como el amoniaco, sulfuro de hidrogeno, velocidad y dirección del viento, La investigación y puesta en marcha del proyecto nace de la necesidad del mejoramiento en calidad de vida de los habitantes y visitantes del municipio de Guayabal De Siquima(Departamento de Cundinamarca-Colombia).

2.6 Justificación del proyecto

En la mayor parte del país, el monitoreo y el control de la contaminación ambiental ha tomado una relevancia exponencial en los últimos años debido a estudios realizados por la Organización Mundial de la Salud, una de cada ocho muertes está relacionadas y principalmente generadas por contaminación del aire. Vincular la tecnología actual y relacionarla con los componentes sociales de alguna población es uno de los mayores impactos que se quiere con este proyecto.

El buen uso los recursos técnicos en la economía de los componentes facilita el trabajo, desde el diseño e implementación hasta la puesta en funcionamiento del prototipo inicial. La importancia de la calidad de vida en cualquier sector social genera no solo intereses de tipo económico sino fundamentalmente una variedad de estudios enfoques que buscan en la mayoría de los casos la integración y el encuentro ciudadano; de esta forma mediante la reglamentación jurídica y legal basados en los Decretos 1504 de 1998, la Resolución 1541 de 2013(Resolución 1541 de 2013.) y el protocolo de olores ofensivos el cual concibe al espacio público como un indicador de

calidad de vida urbana, que refleja la satisfacción de necesidades materiales e inmateriales de los individuos a partir del uso y el disfrute de sus elementos.

Partiendo de esta percepción se considera viable una evaluación objetiva de infraestructura no solo urbana sino ambiental también, así se puede realizar una clasificación, varias mediciones y toma de datos para determinar un soporte fundamental mucho más compacto en el desarrollo del ordenamiento territorial, ya que se incorpora el análisis espacial como herramienta de comprensión e innovación en la calidad de vida de los habitantes del municipio de Guayabal de Siquima afectado por las condiciones físico-espaciales de un espacio público que permita el desarrollo de actividades para esparcimiento, recreación y el más importante de todos, el encuentro ciudadano.

2.7 Propuesta de solución

La solución propuesta está sujeta a la manifestación inicial, la cual se integra con diferentes problemas, en donde la solución propuesta, se podrá describir como: Una red de monitoreo de olores ofensivos, que determine variables del entorno como: Amoniaco, Sulfuro de hidrogeno, velocidad y dirección del viento. Esta red estará ubicada cerca a los galpones y criaderos del sector para medir y tomar datos, los cuales tienen como propósito llegar a los estudiantes de ingeniería ambiental de la Universidad El Bosque, para que ellos junto a los directores, puedan entender la información y realicen un mapa de dispersión de olores con las diferentes observaciones de alerta con el fin de que la alcaldía o la CAR procedan a la toma de decisiones.

3. ESTADO DEL ARTE

3.1 Bases teóricas

La calidad del aire es de gran importancia para todos los habitantes ya que determina como percibimos un lugar o un momento. De igual forma, es un factor importante para la determinación del índice de calidad de vida de cualquier población. Cualquier sector geográfico con una buena calidad de aire es preferible y mucho más atractiva, codiciada y requerida para inversiones, ingreso, oportunidades de empleo y utilidad laboral. [5]

Los habitantes que se exponen diariamente a olores ofensivos en las principales ciudades o zonas rurales del país manejan un concepto de inmisión, definiéndose como la transferencia de elementos contaminantes de la atmósfera a un "receptor". Se deben entender los tipos de Fuentes Contaminantes; ya sean puntuales, fugitivas, móviles y difusas. En el caso de la contaminación del aire y de su calidad las fuentes puntuales que corresponden a las emisiones canalizadas al ambiente en el cual se descargan, principalmente por los elementos contaminantes que generan las industrias en el país.

Las fuentes fugitivas son las que cuentan con un único punto de emisión. Poseen dificultad a la hora de su identificación y su control de ahí que sus fugas no controladas perjudican al ambiente. Las fuentes móviles por su parte corresponden a fuentes en constante movimiento; pueden ser puntuales o difusas, pero no obedecen a algún patrón estacionario de emisión.

En el caso de las fuentes difusas relacionadas con fuentes estacionarias cuentan con una superficie o área de emisión en contacto directo con el ambiente. Corresponden principalmente a lagunas, estanques abiertos, piscinas, campos abiertos, pilas de compostaje, biofiltros de lecho abierto. Entre las características principales de estas fuentes se encuentran fuentes difusas pasivas (sin aireación o ventilación natural) y fuentes difusas activas (con aireación o ventilación forzada), y aplica a líquidos o sólidos.

La evaluación para caracterizar un olor ofensivo puede trabajarse mediante su frecuencia, su intensidad y su carácter. Para el caso de la frecuencia, se refiere a regularidad en la que ocurre la percepción del olor. La intensidad es la percepción que tiene el individuo de qué tan fuerte es el olor y su carácter que se define por la cantidad de olor que se percibe.

4.1.1 La concepción de la calidad del aire en Guayabal De Síquima.

El deterioro de la calidad del aire en un sector (y su directa exposición con agobios de vitalidad respiratoria y cardiaca) genera una creciente preocupación por parte de gobernadoras ambientales y de salud pública. A pesar de los esfuerzos realizados respecto a los problemas de intoxicación atmosférica la situación se explica, en parte, por el acelerado crecimiento ganadero que acontece en el sector. Dichos incrementos se ven evidenciados en una mayor demanda de la actividad avícola en la comunidad. [6]

3.2 Tecnología

En la ciudad de Bogotá existe un proceso similar que estudia el estado de la calidad de aire en la capital, es una base de datos que fue organizada y estructurada para facilitar la validación y el análisis de la información, la cual es utilizada para evaluar de forma cuantitativa el estado de la calidad del aire de la ciudad, El proyecto es desarrollado como trabajo de investigación dirigido a las autoridades ambientales y públicas de la ciudad con la finalidad de tomar medidas preventivas contra la contaminación actual de la capital.

3.2.1 Cómo funciona.

Se creó un prototipo de visualización científica que permite por medio de software visualizar la contaminación en un sector reservado, con el fin de interpretar las variables causantes y proceder a la toma de decisiones. [7]

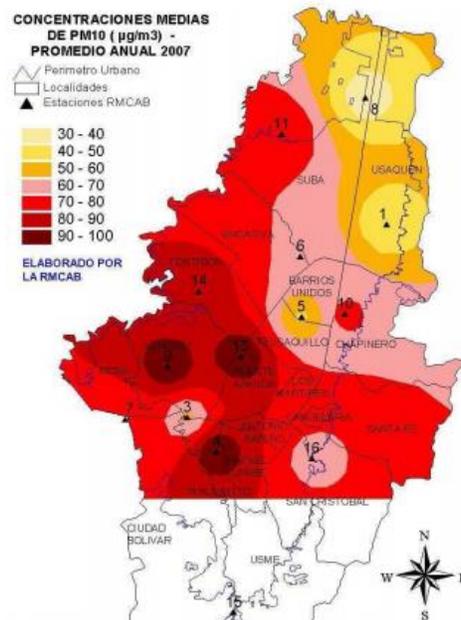


Figura 1 Concentraciones de elementos contaminantes en Bogotá

El prototipo puede distinguir entre los diferentes estados en los que se encuentra la ciudad respecto al nivel permitido de partículas contaminantes en el aire, (Figura 1) Las principales localidades en el centro de la ciudad de Bogotá [8] se ven altamente contaminadas, todo esto gracias al prototipo que permite medir estas variables en tiempo real.



Figura 2 Sistema de medición actuales.

En la Industrial actual se han implementado variedad de prototipos y montajes para el estudio de la contaminación de los cuales realizando integración tecnológica se pueden llegar a conformar sistemas mucho más robustos y especializados en detección, procesamiento y muestreo de material particulado. (Figura 2).

Y de esta forma es cómo funcionan los diferentes sistemas de monitoreo y seguimiento para la calidad del aire en las diferentes localidades de la capital, de la misma forma, se busca implementar una red de monitoreo con opción de movilidad, para poder graficar los datos de interés en diferentes puntos de la ciudad, sin la necesidad de construir una nueva red de monitoreo. [9]



Figura 3 Sistemas de monitoreo móvil.

Como herramienta practica y para mejoramiento de accesibilidad se ha innovado en el alcance y configuración de los sistemas de monitoreo realizando estaciones móviles en las diferentes zonas de interés y mayor tráfico de materiales que impliquen y posibiliten contaminación. (Ver Figura 3).



Figura 4 Sistema de monitoreo en campo

El estudio en campo es el más complejo debido a la cantidad de terreno que se debe abarcar en el estudio. (Figura 4), sin embargo, la innovación y selección de componentes electrónicos, industriales y demás configuraciones generan viabilidad al momento del montaje.

4. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Calidad de vida: La calidad de vida es un concepto referido al bienestar en todas as áreas del ser humano, respondiendo a la satisfacción de las necesidades físicas entre ellas salud, y seguridad, materiales de vivienda, ingresos, transporte, pertenencias, comida, sociales de trabajo, familia, relaciones personales, comunidad, responsabilidades, psicológicas de afecto, autoestima, inteligencia emocional, espiritualidad, religión, de desarrollo educación, productividad y ecológicas calidad del agua, del aire, etc.

Calidad del aire: El índice de calidad del aire es una cifra que proporcionan las autoridades de una zona (normalmente urbana) y que refleja las cantidades de contaminantes presentes en el aire.

Olor ofensivo: Es el olor, generado por sustancias o actividades industriales, comerciales o de servicio, que produce fastidio, aunque no cause daño a la salud humana.

Amoniaco: Gas incoloro de olor desagradable, compuesto de hidrógeno y nitrógeno.

Sulfuro de hidrogeno: El ácido sulfhídrico en disolución acuosa, es un hidrácido de fórmula H_2S . Este gas, más pesado que el aire, es inflamable, incoloro, tóxico, odorífero: su olor es el de materia orgánica en descomposición, similar al olor de los huevos podridos.

Velocidad de viento: El viento es el aire en movimiento, el cual se produce en dirección horizontal, a lo largo de la superficie terrestre.

Educación ambiental: La educación ambiental ha sido definida como «la acción educativa permanente por la cual la comunidad educativa tiende a tomar conciencia de su realidad global, del tipo de relaciones que los hombres establecen entre sí y con la naturaleza, de los problemas derivados de dichas relaciones y sus causas profundas.

5. OBJETIVOS

5.1 General

Diseñar, implementar y probar un prototipo de medición y monitoreo de la calidad del aire en tiempo real en el municipio de Guayabal de Siquima, para los galpones y criaderos del sector.

5.2. Específicos

1. Diseñar un sistema integrado de sensores para la medición de elementos contaminantes como Amoníaco (NH₃), Sulfuro de Hidrógeno (H₂S), y la velocidad del viento(km/h), en tiempo real.
2. Implementar un sistema integrado de sensores para el monitoreo de las variables Amoníaco (NH₃), Sulfuro de Hidrógeno (H₂S) y la velocidad del viento(km/h) en tiempo real.
3. Mostrar todos los datos a través de internet, para estudio y monitoreo.
4. Diseñar los manuales de instalación y operación del sistema.

6. REQUERIMIENTOS

6.1 Requerimientos funcionales

1. El Sistema será un instrumento de medición que determine la concentración registrada de amoníaco (NH₃), Sulfuro de hidrógeno(H₂S), como valores adimensionales que se trabajarán en una escala entre 0 y 500PPM. De igual forma la velocidad del viento (km/h) en un terreno aproximado con área de 50m.
2. El sistema se debe conectar a la red eléctrica.
3. El sistema medirá el valor en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PPM (Partes por millón) y mg/l del Amoníaco (NH₃), Sulfuro de Hidrógeno(H₂S) y la velocidad del viento (m/s).
4. El sistema de transmisión y recepción de datos será autónomo.
5. Las mediciones se tomarán con iteraciones de 10 minutos aproximadamente entre cada muestreo y se enviarán automáticamente al servidor local.
6. Los datos recibidos deben generar una tabla para representar la información en datos con formato (xls, xml, .csv).

6.2 Requerimientos de calidad

1. Mediante las concentraciones medidas por el sistema, será posible calcular un valor del índice diario para amoníaco (NH₃), sulfuro de hidrógeno(H₂S), y velocidad del viento (m/s).
2. El sistema integrado estará compuesto de sensores económicos.

3. El sistema tendrá una precisión aproximada entre 85% y 100%, en cuanto al nivel de amoníaco y sulfuro de hidrógeno, dirección y velocidad del viento, con rango de error no mayor al 12%.
4. El sistema tendrá una calidad óptima para pruebas superiores a un año.
5. El sistema tomara las diferentes decisiones desde un microcontrolador.

6.3 Requerimientos de restricción

1. La medición que manejará el sistema se dará con la condición de que el sistema se instale aproximadamente entre 4 y 8 metros de altura y cuando las condiciones meteorológicas estén en un rango normal.
2. El sistema se activará únicamente en las horas de mayor actividad contaminante.
3. Se trabajará bajo las normas del ICA, el Instituto de Hidrología, el Instituto de Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) para los datos en general.
4. El ICA es el índice para la notificación diaria de calidad del aire, el cual maneja un rango de valores en una escala de 0 a 500PPM.

7. DISEÑO FUNCIONAL

La finalidad de este capítulo del documento es mostrar el esquema funcional del prototipo de una red de monitoreo de olores ofensivos, teniendo en cuenta los requerimientos mencionados en el capítulo anterior permitiendo una entrega mucho más detallada y que facilite el entendimiento y el desarrollo del proyecto.

7.1 Primera propuesta de solución

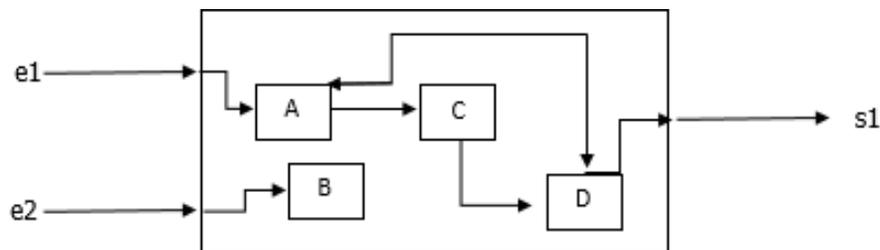


Figura 5 Primera propuesta de diseño funcional

De acuerdo con el primer diseño funcional propuesto (Figura 5), se identifican las entradas y salidas que va a tener el sistema integrado, dónde la concentración de amoníaco (NH₃), Sulfuro de hidrógeno(H₂S) y velocidad del viento (km/h).

e1: Elemento contaminante, el cual se toma como "olor ofensivo", cuando las variables que se mencionan a continuación se encuentran en estos rangos en el ambiente.

Amoníaco (NH₃): 0.20mg/l → 50.0 mg/l
Sulfuro de hidrógeno (H₂S): 0,13 PPM → 20 PPM
Velocidad del viento (m/s): 0 km/h → 110 km/h

Estos datos que se muestran son los niveles que da el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), como los niveles para que se afecten la calidad del aire en cualquier sector.

e2: La entrada hace referencia a las variables que no va a tener en cuenta el sistema.

s1: Datos decimales de los olores ofensivos graficados, que se podrán exportar y leer en formato (xls, xml, .csv).

En este diseño se realiza un acondicionamiento de las variables las cuales se manifiestan gracias a los sensores que realizan las respectivas mediciones. Luego el sistema transforma todos los datos obtenidos en datos hexadecimales, se envían en tiempo real a un servidor local que se encarga de hacer un mapa de dispersión para proceder a la toma de decisiones.

En este proceso se manejan 4 subsistemas de los cuales el subsistema B se ajusta a un proceso de intervención en tiempo real del sistema integrado, por requerimiento funcional, el subsistema A corresponde a un instrumento de medición que se encarga de receptor los datos del Amoníaco (NH₃), Sulfuro de hidrógeno(H₂S) y velocidad del viento (km/h).

Se tiene un subsistema C, que se encarga de transformar los datos obtenidos de estas variables en datos hexadecimales para que puedan ser leídos en cualquier computadora con formato (xls, xml, .csv).

El subsistema D se encarga de recoger estos datos, enviarlos y generar una tabla, la cual se podrá visualizar localmente; Si el sistema no envía ningún dato por el subsistema D, se debe a un error que se está dando en el subsistema A y esto se debe a un problema de intercepción de información de los sensores, por lo que el sistema se retroalimenta para comprobar que los datos se estén obteniendo de forma correcta.

7.2 Segunda Propuesta Solución

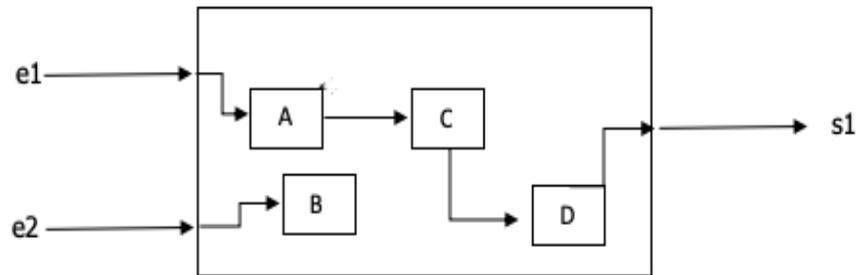


Figura 6 Segunda propuesta de diseño funcional

Para la segunda propuesta de diseño funcional (Figura 6), se identifican las entradas y salidas que va a tener el sistema integrado donde: Se identifica la concentración de Amoníaco (NH₃), Sulfuro de hidrógeno(H₂S) y velocidad del viento (km/h).

e1: Elemento contaminante, el cual se toma como "olor ofensivo", cuando las variables que se mencionan a continuación se encuentran en estos rangos en el ambiente.

Amoníaco (NH ₃): 0.20mg/l	→	50.0 mg/l
Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S): 0,13 PPM	→	20 PPM
Velocidad del viento (m/s): 0 km/h	→	110 km/h

Estos datos que se muestran son los niveles que da el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), como los niveles para que se afecten la calidad del aire en cualquier sector.

e2: Condiciones meteorológicas complementadas por velocidad(km/h).

s1: Valor del índice de concentración.

Para este diseño se realiza un registro de componentes que se manifiestan como olores ofensivos y se transformarán en índices de concentración específicos. Este proceso tiene 4 subsistemas. El subsistema B se ajusta al proceso de forma implícita y complementa el funcionamiento del prototipo, por requerimiento funcional, el subsistema A corresponde a un instrumento de percepción estandarizado para componentes contaminantes como el Amoníaco (NH₃), Sulfuro de hidrógeno(H₂S) además de un complemento en medición de velocidad del viento (Km/h), los cuales son los responsables de dispersar el olor ofensivo en el sector.

El subsistema C es el encargado de la organización de datos y valores obtenidos de las variables iniciales en formato (.xls), el subsistema D se encarga de la transformación del dato hexadecimal anterior, este valor se relaciona con las normas, escalas y requerimientos necesarios. De igual forma, el almacenamiento y el orden de los datos se podrán visualizar localmente.

7.3 Sumatoria de funciones Vs. Función del sistema.

Tabla 1 Función del sistema de monitoreo Vs Sumatoria de Funciones		
Sistema	Función del sistema	Sumatoria de Funciones
Unidad central de procesamiento	Realizar el enlace entre la Sensórica (incluido el anemómetro) y el procesador.	Activación y lectura de señales. Conversión de datos.
Unidad central de procesamiento	Realizar el enlace entre las tarjetas de red y el procesador.	Activación y conexión exitosa. Transmisión.
Subsistema de visualización	Observar gráficamente los datos convertido y procesados.	Identificar correcta operación del prototipo. Calificar la calidad y veracidad de los datos.

7.4 Elección Propuesta Solución.

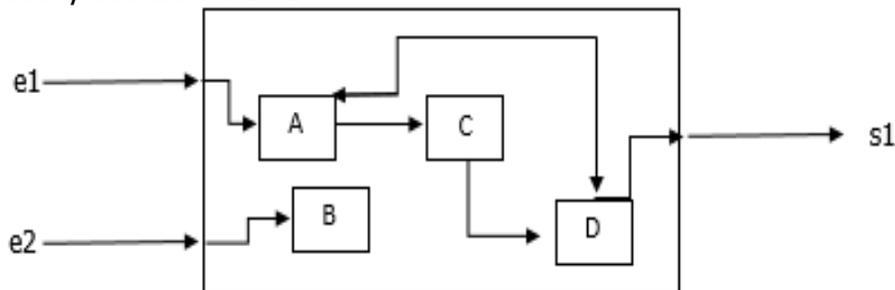


Figura 7 Diseño funcional elegido

De acuerdo con los planteamientos diseñados anteriormente la similitud entre cada uno de los módulos y el paso a paso del funcionamiento del sistema; se determina como la ideal y correcta la primera propuesta de solución debido a su característica de retroalimentación. La cronología y el orden hace que se refleje un proceso completo de toma, recepción, manipulación y transformación de los datos.

8. DISEÑO DETALLADO

Para el capítulo de diseño detallado se busca mostrar de manera individual y detallada cada uno de los módulos componentes del diagrama funcional elegido; así se evidencia y se da a entender la lógica de cada subsistema y los componentes que se usarán en cada uno de ellos.

8.1 Requerimientos de los subsistemas.

Este apartado muestra las especificaciones de cada subsistema, de una forma detallada; permitiendo evidenciar cada requerimiento necesario para el correcto funcionamiento del sistema.

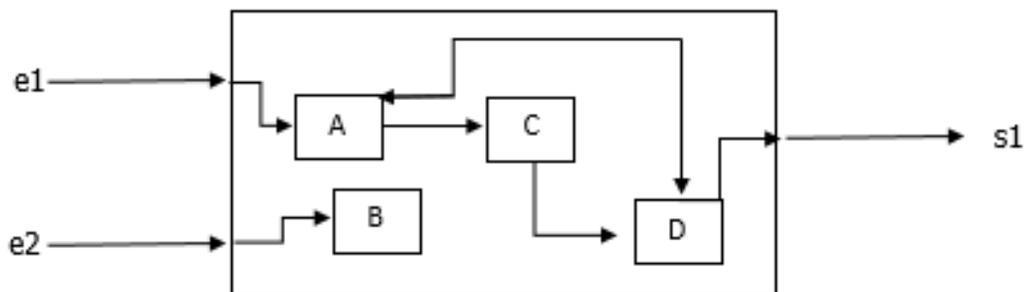


Figura 8 Subsistemas.

Se identifica la concentración de amoníaco (NH₃), Sulfuro de hidrógeno (H₂S) y velocidad del viento (km/h) como las variables que se encargan de la dispersión de los olores.

e1: Elemento contaminante, el cual se toma como "olor ofensivo", cuando las variables que se mencionan a continuación se encuentran en estos rangos en el ambiente.

Amoníaco (NH₃): 0.20mg/l → 50.0 mg/l
 Sulfuro de hidrógeno (H₂S): 0,13 PPM → 20 PPM
 Velocidad del viento (m/s): 0km/h → 110 km/h

e2: Variables ignoradas por el sistema.

La entrada hace referencia a las variables que no va a tener en cuenta el sistema.

s1: Datos De los olores ofensivos en una tabla, que se pueden leer en cualquier formato (xls.).

Amoníaco (NH₃): 0.00mg/l → 50.0 mg/l

Sulfuro de hidrógeno (H₂S): 0,13 PPM → 20 PPM
 Velocidad del viento (m/s): 0 km/h → 110 km/h

Estos datos que se muestran son los niveles que da el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), como los niveles para que se afecten la calidad del aire en cualquier sector.

8.1.1 Requerimientos, Subsistema A.

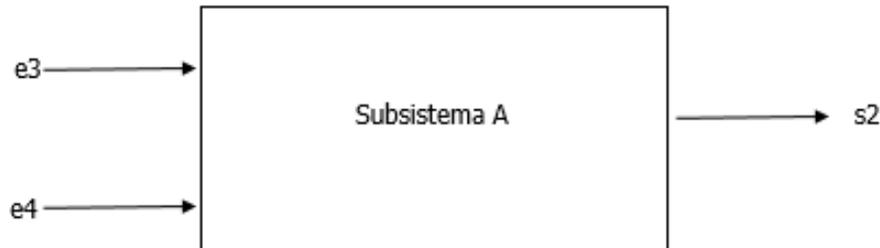


Figura 9 Subsistema A.

Dónde: Subsistema A: Instrumento de medición

e3: Elemento contaminante, el cual se toma como “olor ofensivo”, cuando las variables que se mencionan a continuación se encuentran en estos rangos en el ambiente.

Amoníaco (NH₃): 0.20mg/l → 50.0 mg/l
 Sulfuro de hidrógeno (H₂S): 0,13 PPM → 20 PPM
 Velocidad del viento (m/s): 0 km/h → 110 km/h

e4: La entrada hace referencia a las variables que no va a tener en cuenta el sistema.

s2: Señal análoga o digital.

8.1.2 Requerimiento Subsistema C

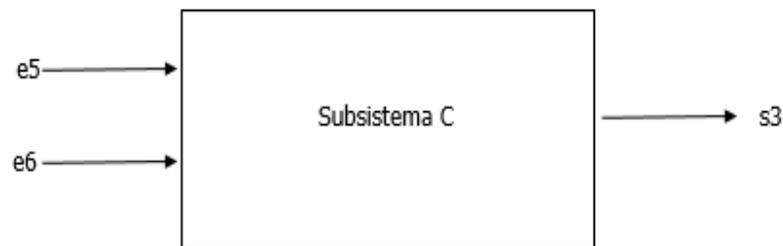


Figura 10 Subsistema C.

e5: Señal análoga o digital.

e6: La entrada hace referencia a las variables que no va a tener en cuenta el sistema.

s3: Datos Universales, que se pueden traducir a un lenguaje de computadora común.

El subsistema C se encarga de transformar los datos obtenidos previamente y convertirlos en datos universales, para que se puedan leer en cualquier computadora, y las variables se muestren en dígitos numéricos.

8.1.3 Requerimientos Subsistema D.

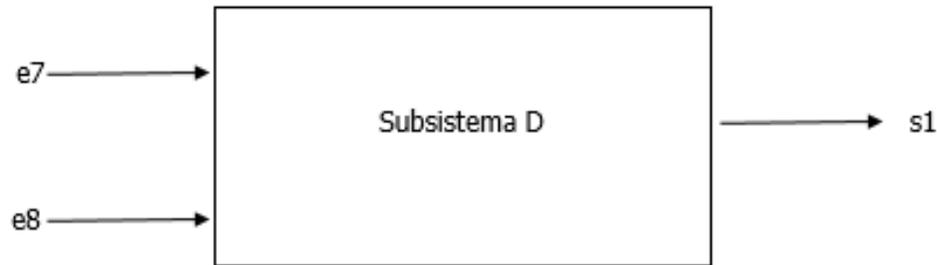


Figura 11 Subsistema D.

e7: Datos Universales. ext,.docx, que se pueden traducir a un lenguaje de computadora común.

e8: La entrada hace referencia a las variables que no va a tener en cuenta el sistema.

s3: Tabla de valores, que se pueden leer en cualquier formato (xls).

El subsistema D, envía una tabla de valores para que se pueda hacer un mapeo de dispersión de olores y proceder a una toma de decisiones.

8.2 Requerimientos de componentes.

8.2.1 Sistema de recolección de datos.

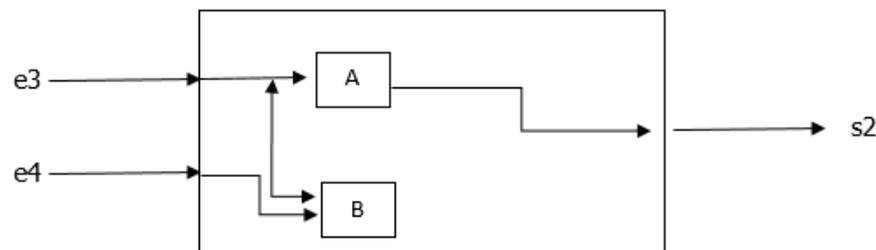


Figura 12 Sistema de recolección de datos.

El subsistema A (Figura 12) cuenta con dos componentes. El componente B corresponde a las variables no definidas del sistema, Como se aprecia en la anterior

figura, Los requerimientos del componente A son los mismos requerimientos del subsistema A. La recolección y conversión de los datos se realizará con las condiciones de cada sensor (señales análogas o digitales).

Componente A: Sensores de Amoniaco, Sulfuro de hidrógeno, velocidad y dirección del viento.

e3: Elementos contaminantes como Amoniaco (NH₃), Sulfuro de hidrógeno(H₂S) y velocidad (km/h), las cuales se toman desde cierto nivel para que se considere un olor ofensivo:

Amoniaco (NH₃): 0.00mg/l → 50.0 mg/l
 Sulfuro de hidrógeno (H₂S): 0,13 PPM → 20 PPM
 Velocidad del viento (m/s): km/h → 110 km/h

Y los rangos de medición van a ser:

Amoniaco (NH₃): 0.00mg/l → 50.0 mg/l
 Sulfuro de hidrógeno (H₂S): 0,13 PPM → 2000 PPM
 Velocidad del viento (m/s): 0 km/h → 110 km/h

e4: La entrada hace referencia a las variables que no va a tener en cuenta el sistema.

s2: Señal análoga o digital con condiciones respecto a cada instrumento de medición.

8.2.2 Estudio de componentes

A continuación, se representa un estudio detallado de los componentes y sensores que se van a utilizar para el diseño de nuestro sistema.

Para el estudio se tuvieron en cuenta diferentes componentes que se comportan de la mejor manera para el proyecto que se quiere implementar, por lo que algunos de los componentes que se escogieron no tiene la mejor resolución o el mejor rango de medición, pero se adecuan de la mejor manera al prototipo. Los estudios se realizaron bajo los requerimientos de calidad y funcionales que se trabajaron basados a la necesidad del cliente.

8.2.2.1 Sensores detectores de NH₃(Amoniaco).

Tabla 2 Características dispositivo detector de NH₃

Sensor	Especificaciones	Características
1933-1003-ND [10] 	Resolución <0.1PPM	Rangos de medición típicos: 0-100PPM
	Dimensiones 6,3x5,4x 1,2mm	Consumo de energía: 4mA~20mA
	Peso: 25g	Error básico ± 2%
	Clase de carcasa IP65	Tiempo de respuesta T=120 seg
	Autorización Inflamables/O ₂ : IECEX BAS05.0039	Funcionamiento Temperatura -10 °C ~ 50 °C

MQ-137 	Resolución <0.6PPM	Rangos de medición típicos 0-500PPM
	Dimensiones: 5,4x4,4x1,2 mm	Consumo de energía 4mA~10mA
	Peso: 18g	Error básico
		± 1,23%
	Clase de carcasa IP 65	Tiempo de respuesta T=100 seg
Autorización Inflamables/O ₂ : IECEX BAS05.0039.	Funcionamiento Temperatura -20 °C ~ 65 °C	

AQ-NH [11] 	Resolución <0.25PPM	Rangos de medición típicos 0-1000PPM
	Dimensiones 1,0x5,3x3mm	Consumo de energía 2mA~21mA
	Peso 45g	Error básico ± 2,2%
	Clase de carcasa: IP 70	Tiempo de respuesta T=110 seg

El sensor elegido es el MQ-137(Figura 13), ya que este sensor es un sensor catalítico, el cual es más exacto a la hora de detectar el tipo de gas que se requiere medir. Su funcionamiento es por la oxidación del gas vía catalítica.



Figura 13 Dispositivo MQ-137 NH3.

Los galpones y criaderos del sector emiten diferentes gases tóxicos que pueden confundirse con facilidad con los gases que nos interesa medir. Estos sensores están compuestos por dos bobinas de platino, ambas encapsuladas en un material cerámico de alúmina. Uno de estos encapsulados está cubierto de un material catalizador, normalmente de paladio que causa y acelera la oxidación del elemento, esto facilita que el sensor trabaje solamente con el gas que sea calibrado en el dispositivo. (Figura 14)

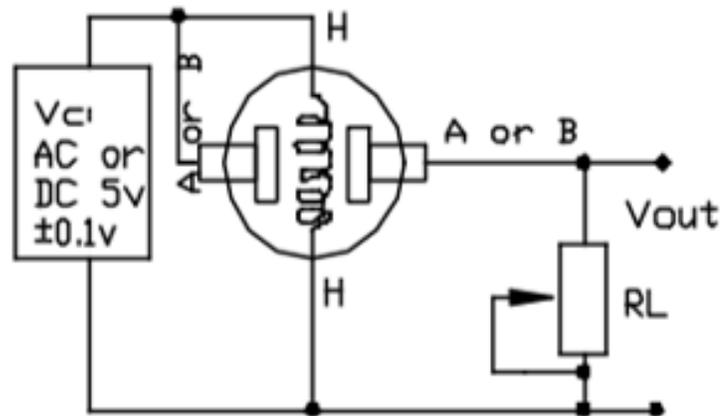
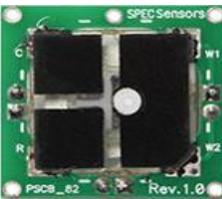


Figura 14 Composición interna del sensor MQ-137

8.2.2.2 Sensor detector de H2S (Sulfuro de hidrogeno).

Tabla 3 Sensor detector de H2S.		
Sensor	Resolución 0.10 PPb	Rangos de medición típicos 0-10PPM
MQ-136 Gas Sensor 	Dimensiones:	Consumo de energía
	1,75x8,2mmx3,5mm	1 mW
	Peso: 55g	Error básico <± 3%
	Autorización Inflamables/O2: IECEx BAS05.0039	Tiempo de respuesta T=120 seg
		Funcionamiento Temperatura - 20 °C ~ 40 °C

1684-1010-ND [12]	Resolución 0.1PPb	Rangos de medición típicos 0-15PPM
	Dimensiones 90 x 4,8 x 2,4 mm	Consumo de energía 3 mW
	Peso 45g	Error básico ± 1,23%
	Autorización Tóxicos/O2: IECEx BAS05.0039	Tiempo de respuesta T=100 seg
		Funcionamiento Temperatura -10 °C ~ 45 °C

1684-1210-ND [13]	Resolución 0.25PPb	Rangos de medición típicos 0-5PPM
	Dimensiones 1,5mmx5,5mmx2,2mm	Consumo de energía 5 mW
	Peso 40g	Error básico ± 2,2%
	Autorización Inflamables/O2: IECEx BAS05.0039	Tiempo de respuesta T=110 seg
		Funcionamiento Temperatura -12 °C ~ 60 °C

El sensor elegido es el MQ-136 [14] Gas Sensor ya que cumple con los requerimientos del sistema; además de las normas del ministerio de ambiente para los rangos en los cuales se encuentra el olor ofensivo que se da por este gas (Figura 15).



Figura 15 Dispositivo MQ-136

Este sensor maneja una ventaja en el sistema la cual se define como un sistema que se encarga de entregar todos los datos digitales y así poder ahorrarse la conversión de análogo-digital en donde en los sensores normales análogos se pierden varios datos en este proceso. Su composición interna es similar a la del MQ-137 [15]. (Figura 16).

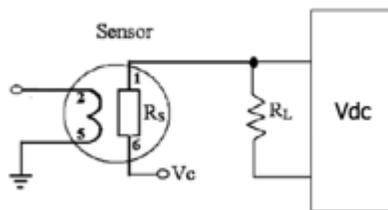


Figura 16 Composición interna sensor MQ-136

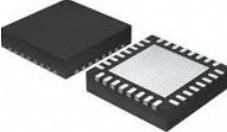
8.2.2.3 Anemómetro.

Tabla 4 Sensor detector de velocidad y dirección del viento.		
Componente	Especificaciones	Características
Anemómetro SKU: SEN0170 	Dimensiones 105x70mm	Rangos de medición 0.5 m/s a 50 m/s
	Peso 111,8g	Consumo de energía 0.4V a 2V
	Clase de carcasa IP 65 Caucho.	Error básico ± 1metro/s
		Velocidad de viento (inicio): 0.2 m / s
		Funcionamiento máximo 70m/s
Anemómetro 31201 	Dimensiones 120x85mm	Rangos de medición 0.5 m/s a 50 m/s
	Peso: 151g	Consumo de energía 0.2V a 10V
	Clase de carcasa IP 65 Explosión Proof Metal.	Error básico ± 0,5 metro/s
		Velocidad de viento (inicio): 0.6 m / s
		Funcionamiento máximo 100m/s

	Dimensiones 95x40mm	Rangos de medición 0.5 m/s a 50 m/s
	Peso 80,8g	Consumo de energía 0.4V a 3V
	Clase de carcasa IP 65 Caucho.	Error básico ± 0,9metro/s
		Velocidad de viento (inicio): 0.1 m / s
		Funcionamiento máximo 30m/s

El sensor elegido es el SKU: SEN0170 ya que cumple con los requerimientos del sistema; además de las normas del ministerio de ambiente para los rangos en los cuales se encuentra el olor ofensivo que se da por este gas. Este anemómetro es un sensor para medir la velocidad del viento con salida de voltaje analógico, es decir el voltaje cambia a medida que la velocidad del viento se incrementa, cuando no hay viento la salida es de 0.4V.

8.2.2.3 Controlador.

Tabla 5 Controlador		
Dispositivo	Especificaciones	Características
	Interruptores Externos: 16	Fuente de alimentación de la placa 1,62-3,63V
	Dimensiones 61,5x25mm	I/O 52 programables
	Peso 32g	Consumo 7mA
	Memoria flash 256 KB	CPU 48MHz
	Memoria SRAM 32KB	Funcionamiento Temperatura -40 °C ~ 125 °C
	Interruptores Externos: 32	Fuente de alimentación de la placa 1,8-5,5V
	Dimensiones: 6,7,5x13mm	I/O 52 programables
	Peso: 12g	Consumo 5mA
	Memoria 64KB	CPU 20MHz
	Memoria SRAM 64KB	Funcionamiento Temperatura -40 °C ~ 125 °C
	Interruptores Externos: 16	Fuente de alimentación de la placa 1,62-5,5V
	Dimensiones: 6,7,5x13mm	I/O 23 Programables
	Peso: 32g	Consumo 6mA
	Memoria 32KB	CPU 20MHz
	Memoria SRAM 32KB	Funcionamiento Temperatura -20 °C ~ 65 °C

Para el control y manejo de todos los componentes, vamos a utilizar un controlador ATmega 2560(Figura 17), debido a su funcionamiento con una frecuencia de 48MHz, que nos ayuda mucho a la hora de la toma de decisiones en tiempo real con todos los sensores que este microcontrolador va a manejar, además también de contar con un nivel de funcionamiento con altas temperaturas, lo cual es de gran ayuda en el sector donde vamos a implementar el prototipo, el microcontrolador ATmega2560 [16], está equipado con una memoria flash de 256KB la cual nos puede brindar un nivel de velocidad superior a los otros controladores y que además viene siendo de un costo accesible.

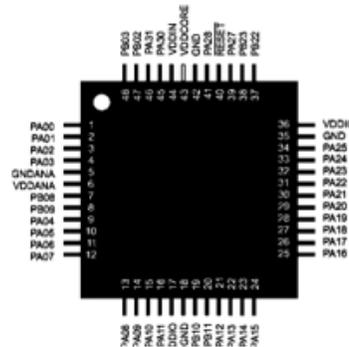


Figura 17 Controlador ATMEGA2560.

8.2.2.4 GPS.

Tabla 6 Características GPS		
Dispositivo	Especificaciones	Características
GPS NEO 8M 	Sensibilidad: -147 dBm	Comunicación I2C EEPROM interna
	Adquisición de señal en frío 23 Seg.	Alimentación interna 3 V
	Reasignación de señal 2seg.	Material de recubrimiento Plástico
	Temperatura 40° C a 85 ° C	Receptor 52 canales UBLOX motor M8
	Tamaño del modulo 45mm	
	Tamaño de la antena 25x25 mm	
Sim808 GSM GPRS 	Sensibilidad -150 dBm	Comunicación EPROM interna
	Adquisición de señal en frío 12 Seg.	Alimentación interna: 3 VDC
	Reasignación de señal: 2seg.	Material de recubrimiento: Metal
	Temperatura -40° C a 85 ° C	Receptor 60 canales UBLOX motor M8
	Tamaño del modulo 20mm	
	Tamaño de la antena 10x15 mm	

	Sensibilidad: -137 dBm	Comunicación EEPROM interna
	Adquisición de señal en frio 26 Seg.	Alimentación interna 3 VDC
	Reasignación de señal: 2seg.	Material de recubrimiento Plástico
	Temperatura 40° C a 85 ° C	Receptor: 72 canales UBLOX motor M8
	Tamaño del modulo 35mm	
	Tamaño de la antena 25x25 mm	

Finalmente se decide elegir el Sim808 GSM GPRS (Figura 18), [17] este módulo ya que cuenta con la facilidad de utilizar la tecnología GSM para la Geolocalización del sistema adicional a esto cuenta con un voltaje de alimentación universal (3v - 5V), además posee una antena cerámica la cual permite un gran alcance.

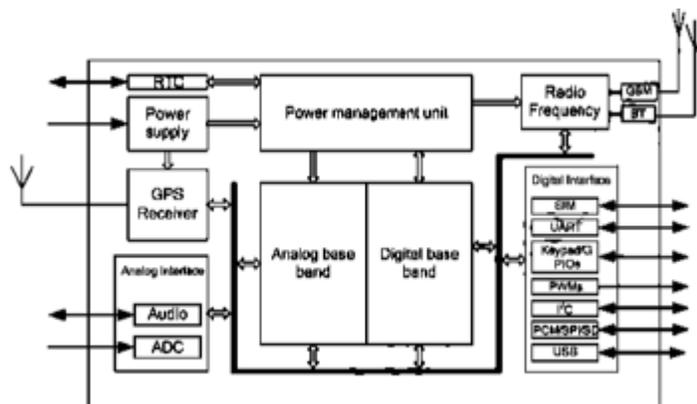


Figura 18 Distribución interna Dispositivo GPS.

Este módulo también posee una memoria EEPROM con lo cual se pueden guardar los parámetros de configuración cuando la batería no esté conectada, en caso de que el sistema pierda energía este sistema tiene la habilidad de realizar una copia de seguridad de los datos que adquiere en ese momento.

8.2.2.5 Comunicación

La parte de comunicación escogimos dos dispositivos de comunicación ya que, un dispositivo trabaja de forma gratuita y estará disponible en cualquier red de monitoreo que se trabaje. (Figura 19). La forma adicional, GSM se encarga de enviar los datos de forma más rápida en tiempo real, pero esta forma de envío tiene un costo de suscripción con plan de datos.

Dispositivo	Especificaciones	Características
	Frecuencia de banda 863.000Mhz – 870.000Mhz	Rangos de operación <5km
	Dimensiones 17,8x26,7x3,34mm	Consumo de energía 2mA~5mA
	Peso 15g	Error básico ± 1%
	Voltaje de operación 2,1V-3,6V	Interfaz UART
	RF comunicación: 300kbps	Funcionamiento Temperatura -40 °C ~ 80 °C
	Frecuencia de banda 70Mhz – 140Mhz	Rangos de operación <5km
	Dimensiones: 29x33x6,63mm	Consumo de energía 2mA~5mA
	Peso 20g	Error básico ± 1%
	Voltaje de operación: 3,5V-4,6V	Interfaz UART
	Comunicación Celular.	Funcionamiento Temperatura -40 °C ~ 80 °C
	Frecuencia de banda 863.000Mhz – 870.000Mhz	Rangos de operación <5km
	Dimensiones: 14,8x4,3,7x7,34mm	Consumo de energía 2mA~5mA
	Peso: 55g	Error básico ± 1%
	Voltaje de operación 2,1V-4,5V	Interfaz UART
	Comunicación: Wi-fi	Funcionamiento Temperatura -40 °C ~ 80 °C

8.2.2.5.1 Módulo ESP8266 [18]

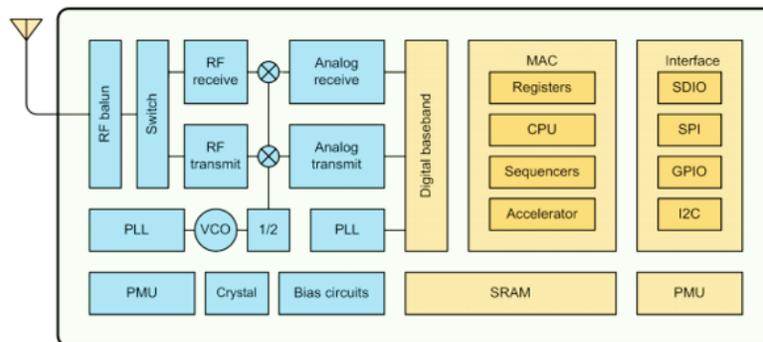


Figura 19 Bloques de composición interna ESP8266

8.2.2.6 Alimentación.

La fuente de alimentación que se encarga de entregarle los respectivos voltajes y corrientes a cada componente se diseña exclusivamente para esta red de monitoreo para evitar problemas a la hora de elegir algún componente adicional y que ayude al cumplimiento de los requerimientos del sistema. A continuación, evidencia de simulaciones y diseño de circuito impreso (Figura 21), además de para cambios en la resistencia variable (Potenciómetro). (Ver Figura 22, Figura 23 y Figura 24).

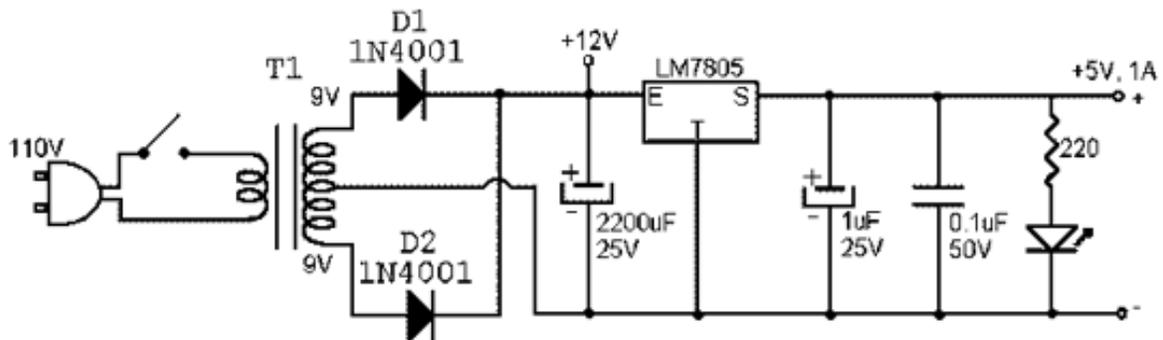


Figura 20 Fuente de alimentación.

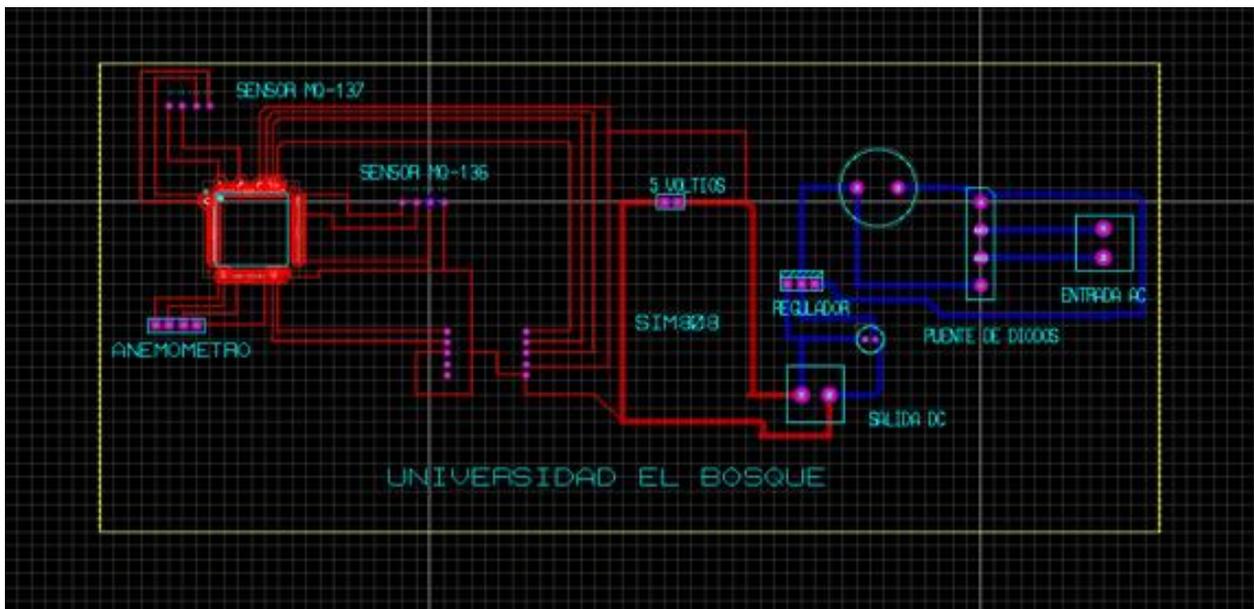


Figura 21 Simulación PCB.

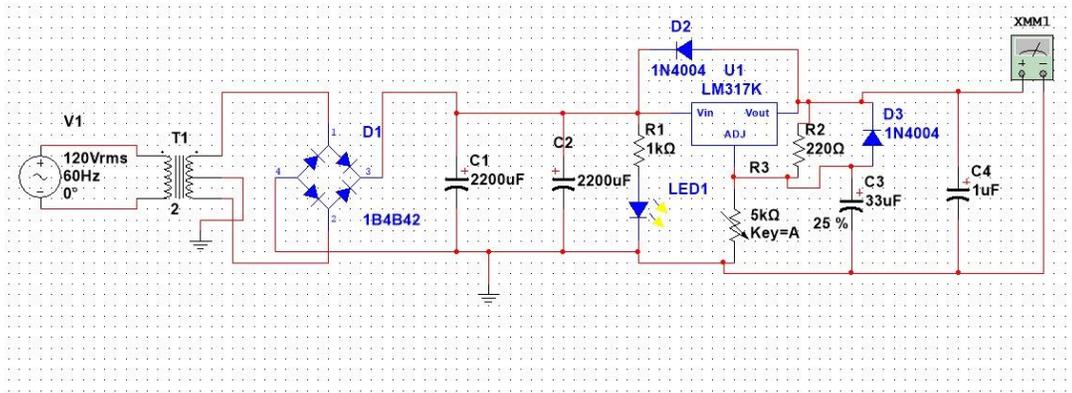


Figura 22 Esquemático de simulación y pruebas.

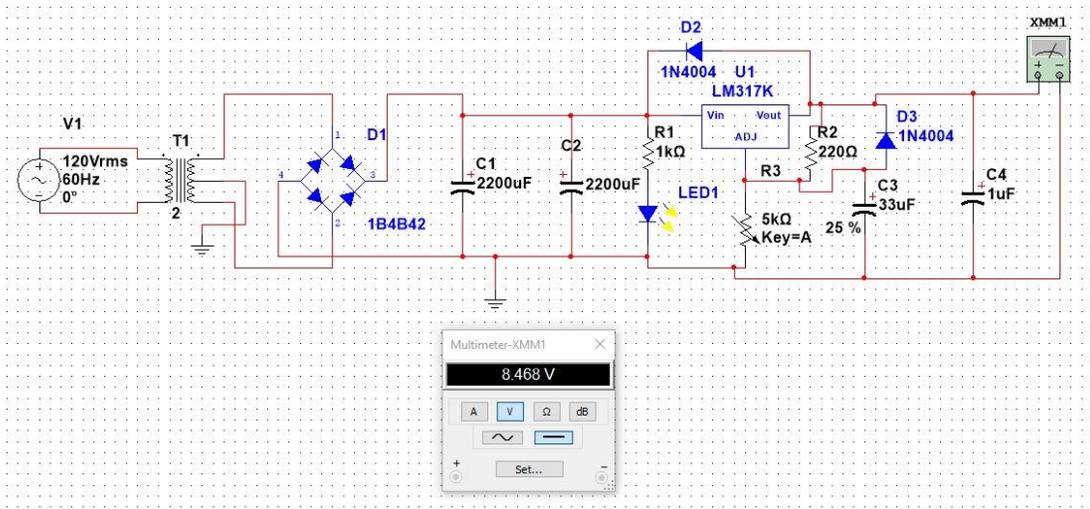


Figura 23 Potenciómetro al 25%

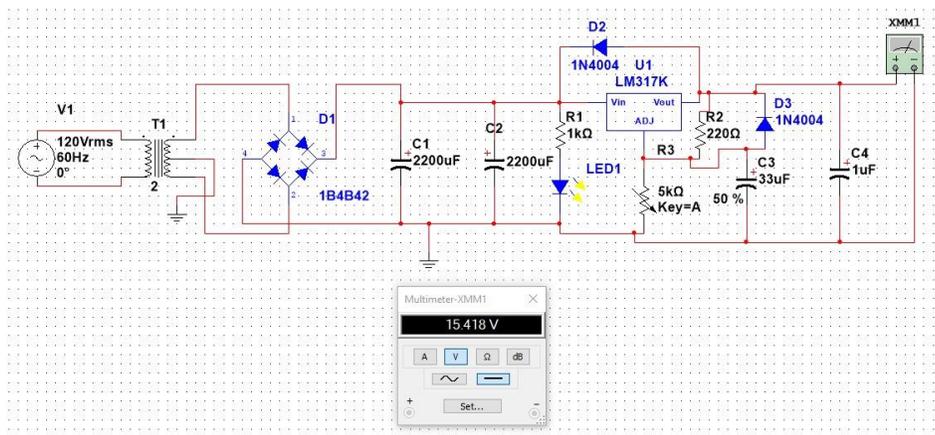


Figura 24 Potenciómetro al 50%

8.3 Esquemático del sistema

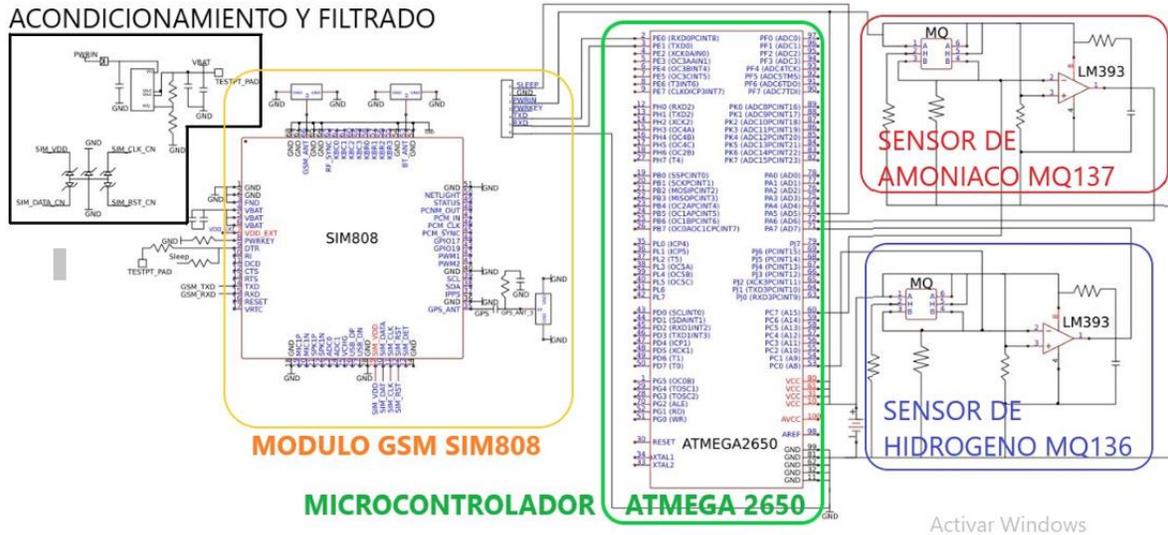


Figura 25 Conexiones de integración.

9. PLAN DE PRUEBAS

El plan de pruebas del sistema se realizará relacionando los requerimientos de entrada y salida del sistema, de igual forma se menciona el procedimiento y los equipos necesarios para la verificación de cada requerimiento.

9.1 Plan de pruebas de componentes.

Este apartado ayuda a comprobar todos los requerimientos que debe cumplir cada uno de los componentes que se van a utilizar para garantizar el mejor funcionamiento de los subsistemas y el sistema en general. Para esto se realizará una lista de comprobación en la cual se evidencia si el componente es el adecuado para que se cumpla la función que se le asigna.

Tabla 7 Plan de Pruebas Medición Sulfuro de Hidrógeno		
Fecha 28/03/2019		Sensor de Sulfuro de hidrogeno
Responsable Grupo de trabajo.		
Actividad	Variable	Método
Dimensionar numéricamente la concentración de Sulfuro de Hidrógeno en el ambiente.	Concentración de Sulfuro de Hidrógeno	Entender la Sensórica del dispositivo para conocer su funcionamiento.
		Conectar, programar y probar el componente sensorial.
		Buscar una zona con alto flujo de Sulfuro de Hidrógeno.
		Identificar las horas del día dónde se presente olor a Sulfuro de Hidrógeno.

Tabla 8 Plan de Pruebas Medición Amoniaco		
Fecha 28/03/2019		Sensor de amoniaco
Responsable Grupo de trabajo.		
Actividad	Variable	Método
Dimensionar numéricamente la concentración de Amoniaco en el ambiente.	Concentración de Amoniaco	Encender el dispositivo para conocer su funcionamiento.
		Buscar una zona con alto flujo de Amoniaco.
		Identificar las horas del día dónde se presente olor a Amoniaco.

Tabla 9 Plan de Pruebas Anemómetro		
Fecha 28/03/2019		Dispositivo Anemómetro
Responsable Grupo de trabajo.		
Actividad	Variable	Método
Dimensionar numéricamente variables meteorológicas.	Velocidad, dirección del viento(aire).	Entender el funcionamiento de un Anemómetro.
		Conectar, programar y probar el aparato.
		Buscar un lugar concreto para medición.
		Identificar las horas del día dónde se presente mayor flujo de aire que complementa la dispersión de los gases componentes del estudio.

Tabla 10 Plan de Pruebas Trasmisión		
Fecha 28/03/2019		GSM
Responsable Grupo de trabajo.		
Actividad	Variable	Método
Evidenciar que todos los datos que toman los sensores sean los adecuados para que se pueda determinar un olor ofensivo.	Datos de las variables meteorológicas.	Encender el dispositivo para conocer su funcionamiento.
		Buscar una zona con capacidad para tomar las mediciones de todos los olores ofensivos.
		Identificar las horas del día dónde se presente mayor número de datos.

Tabla 11 Plan de Pruebas Recepción		
Fecha 28/03/2019		GSM
Responsable Grupo de trabajo.		
Actividad	Variable	Método
Comprobar que todos los datos que se transmitieron se intercepten de forma correcta.	Datos del trasmisor.	Encender el dispositivo para conocer su funcionamiento.
		Comparar la cantidad de datos obtenidos por los sensores y los recogidos por el sistema.
		Verificar que el sistema no tenga pérdidas durante la trasmisión de los datos.

Tabla 12 Plan de Pruebas Mástil		
Fecha 28/03/2019		Mástil
Responsable Grupo de trabajo.		
Actividad	Variable	Método
El sistema debe ser capaz de alcanzar hasta 5 m de altura.	Despliegue en Zona.	Diseño adecuado para el despliegue del mástil en cualquier zona de difícil acceso.
		El sistema debe ser liviano.
		Contará con la opción de modulación para facilitar su instalación en zona.

9.2 Plan de pruebas de subsistemas.

El plan de pruebas de los subsistemas trabaja con el método de implementación, en donde se comprueban por medio de los requerimientos de entrada y salida que se cumplan y se adapten los diferentes procesos para seguridad y funcionalidad del sistema.

- 1) Requerimiento del Subsistema A: Instrumento de medición: El sistema se caracteriza fundamentalmente por ser un instrumento capaz de realizar mediciones en tiempo real de las variables contaminantes que se encuentran en el ambiente.
 - Existirá un sistema integrado de sensores que se encargue del proceso de medición y procesamiento de los datos contaminantes.
- 2) Requerimiento del Subsistema C: El sistema se encarga de transformar los datos obtenidos previamente y convertirlos en datos universales, para que se puedan leer en cualquier computadora, y las variables se muestren en dígitos numéricos.
 - El sistema evidencia una gráfica de datos, en donde puede facilitar la toma de decisiones al momento de enviar todos los datos a internet.
- 3) Requerimiento del Subsistema D: el sistema envía una tabla de valores para que se pueda hacer un mapeo de dispersión de olores y proceder a una toma de decisiones. El sistema contará con un módulo de trasmisión que se encargará de enviar todos los datos manualmente a un servidor local en donde se procederá a la toma de decisiones.

9.3 Plan de pruebas de integración.

El plan de pruebas del sistema se realizará con una lista de verificación, en la cual se corroboran los requerimientos de entrada y salida del sistema. También se aclara el procedimiento y los equipos necesarios para verificar cada requerimiento.

9.3.1 Procedimiento plan de pruebas del sistema.

- Requerimiento 1:

- El sistema determina la concentración registrada en el aire de amoníaco (NH₃), Sulfuro de hidrógeno(H₂S), como valores adimensionales que se trabajarán en una escala entre 0 y 500. De igual forma la velocidad del viento (m/s) en un terreno aproximado con área de 50m.
- Realizar pruebas de concentración de olores con cada sensor del sistema para determinar así la relación practica con la funcional.
- Para realizar dicha prueba tenemos que buscar un elemento en el mercado que nos pueda facilitar datos cercanos a los que generan un elemento contaminante y con este proceder a realizar pruebas.

- Requerimiento 2:

- El sistema se debe conectar a la red eléctrica.
- Analizar el comportamiento del sistema con diferentes formas de autonomía eléctrica, y con esto implementar la de mayor duración y menor consumo.
- En esta prueba se debe diseñar, implementar y probar una fuente regulada y variable de voltaje que en sus salidas de voltaje y corriente sean las correctas y necesarias para la correcta operación del sistema.

- Requerimiento 3:

- El sistema medirá el valor en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PPM (Partes por millón) y mg/l del Amoníaco (NH₃), Sulfuro de Hidrógeno(H₂S) velocidad del viento (m/s).
- Acatar todos los datos que obtiene el prototipo y con estos datos realizar una conversión a las mediciones sujetas a los requerimientos.
- Convertir todos los datos por medio de un programa de forma automatizada.

- Requerimiento 4:

- El sistema de transmisión y recepción de datos será operado manualmente.
- Todos los mantenimientos y operaciones de recepción y transmisión de datos se realizarán manualmente.

- Todos los datos que guarde el sistema en su unidad de almacenamiento local serán enviados a la red inmediatamente.
 - Requerimiento 5:

Las mediciones se tomarán con iteraciones de 10 minutos aproximadamente entre cada muestreo y se enviarán automáticamente al servidor local. Los datos recibidos deben generar una tabla para representar los datos.

- Al final de todas las mediciones se acogen todos los datos obtenidos y se empieza un nuevo periodo de medición, todo esto sucede cada 10 min, luego cuando se envíen los datos a la red, mediante el uso de Software se podrá exportar un archivo con cada uno de los datos.
- Se programará el sistema para que tome muestras cada 10 min y con esto se evitara la perdida de datos y aumentara su precisión.

10.DISEÑO INDUSTRIAL

10.1 Contexto

10.1.1. Análisis del Contexto

La Universidad El Bosque en la Facultad de ingeniería y en el programa de Electrónica, vincula en sus componentes teóricos y prácticos la Responsabilidad Social Universitaria (RSU), como un método importante para el estudio de problemas que se presenten en un entorno social determinado. La calidad del aire componente de la calidad de vida es uno de los temas de mayor trascendencia y estudio en los últimos años. La comunidad del municipio de Guayabal de Siquima, desarrolla prácticas relacionadas con avicultura y ganadería en general, por esto, algunos de sus habitantes y visitantes presentan inconformidad con respecto a los malos olores presentados en el ambiente ya que las actividades comerciales en masa están creciendo cada vez más.

Partiendo de lo anterior, se quiere diseñar un prototipo de "Nariz electrónica", el cual ayudará a la toma de registros acerca de los componentes contaminantes presentes en el ambiente(aire). Basados en documentación del Ministerio de Ambiente [2], IDEAM, ICA (Índice de calidad del aire) se pretende estandarizar el prototipo de modo que el valor esperado por el usuario sea un índice(valor) tipificado y comprobado con el fin de analizar de una forma mucho más profunda el alcance y los posibles de la contaminación del aire por prácticas avícolas en masa. La interpretación de registros para concentraciones de materiales contaminantes trabajada por el ICA actualmente es desarrollada por Redes de monitoreo. En el proyecto se quiere iniciar con un prototipo que brinde datos considerables para el estudio.

La presencia de Amoniaco y Sulfuro de Hidrógeno; complementado además de la dirección y velocidad del viento son los principales artífices de la manifestación del

“Olor ofensivo”. Las condiciones climáticas, la geografía del terreno de estudio y la geografía en general son factores influyentes en el estudio y la toma de los datos.

10.1.2. Casos de uso.

10.1.2.1 Casos de uso típicos.

- El usuario deberá realizar entrenamientos de manipulación y conocimiento del prototipo tanto físicas como funcionales.
- El usuario que será un habitante del municipio conoce las horas de mayor afectación y mal olor presente en el ambiente.

El sistema estará apagado en el primer acercamiento del usuario. Dado a que el funcionamiento de los subsistemas fundamentales para el funcionamiento se debe proceder así:

- Se activará un interruptor el cual dará energía al prototipo.
- Inicializando el prototipo se debe iniciar la variación numérica de los índices de cantidad de las distintas variables analizadas.
- Una vez verificadas estas variaciones se inicia el almacenamiento de los datos en tiempo real.
- El prototipo contará con un dispositivo de almacenamiento de datos aproximadamente por 10min de encendido.
- El usuario puede alejarse del prototipo y su funcionamiento será el mismo.
- El usuario determinará el tiempo de recolección de datos.
- Si el usuario desea reiniciar, pausar o terminar el proceso debe accionar de nuevo el interruptor que energiza al prototipo.
- El usuario mediante el almacenamiento corroborará la validez de las mediciones efectuadas en cada lapso.

10.1.2.2 Casos de uso atípicos

- El usuario debe verificar que las condiciones meteorológicas del terreno no afecten el funcionamiento del prototipo.
- El prototipo contará con una alerta de falla en batería para la cual el usuario debe tener conocimiento para su reparación o cambio.
- Garantizar un sitio óptimo para la medición.
- El usuario enciende el prototipo, pero ninguno de los testigos de alerta para la medición enciende, debe verificar cuidadosamente la conexión de estos y repolarizar el prototipo.
- El usuario necesita retirarse del sitio de medición, la cantidad de datos tomados aumentará, pero el funcionamiento será normal.

10.1.3 Requerimientos Industriales

Los requerimientos industriales mostrados a continuación son los recomendados para el correcto funcionamiento, uso y desempeño del prototipo "Nariz electrónica" y por supuesto su enlace a la red de monitoreo de olores ofensivos, pero no significa que se cumplan en su totalidad ya que los autores están encargados del análisis, diseño, implementación y pruebas de la Sensórica y electrónica general en conjunto, tal y como se evidencia en el alcance del proyecto.

10.1.3.1 Requerimientos de uso y función.

1. Practicidad.

- El sistema deberá tener una forma fácil, rápida y efectiva de operación.
- El sistema deberá ubicarse en las zonas dónde se espera y las variables estén presentes.

2. Convivencia.

- El usuario deberá tener una capacitación y orientación técnica previa de funcionamiento y alcance del prototipo.
- El sistema deberá contar con espacio de medición acorde a requerimientos.

3. Seguridad.

- El sistema deberá cumplir la Resolución 1541 de 2013. del Ministerio de Ambiente en Colombia.
- El sistema de deberá contar con un interruptor para encendido, apagado y reinicio de medición.
- El sistema contará con aislantes y conexiones seguras para el usuario que manipule el prototipo.

4. Mantenimiento.

- Se recomienda realizar revisiones preventivas y esporádicas de los componentes del sistema (sensores, anemómetro); y en caso de cualquier falla, remitir el caso directamente al encargado técnico.

5. Reparación.

- El prototipo debe almacenarse y conservarse en un lugar seguro de cualquier tipo de golpe o situación que pueda ocasionar fallos en conectividad y funcionamiento.
- El sistema contará con una base de apoyo, dónde el prototipo se pondrá para las diferentes mediciones.

6. Manipulación.

- El usuario no debe interrumpir el proceso de toma de datos; para ello el sistema tendrá el interruptor de reinicio, con el fin de restablecer los valores y rangos de medición.
- El sistema deberá tener un alcance de entre 4 y hasta 8 metros de percepción.

7. Antropometría.

- El usuario puede estar monitoreando el funcionamiento del prototipo desde cualquier distancia.

8. Ergonomía.

- El sistema puede ubicarse en sitios abiertos o cerrados; ya que las condiciones meteorológicas son complemento en la medición y no deben perjudicar la toma de datos.

9. Percepción

- El usuario deberá tener encuentros previos de manipulación y conocimiento del prototipo, tanto físicas como funcionales.

10. Mecanismo.

- El sistema podrá medir Amoniaco (NH₃) desde 0.00mg/l hasta 50.0 mg/l.
- El sistema podrá medir los índices de Sulfuro de hidrógeno (H₂S) desde 0,13 PPM hasta 2000 PPM.
- El sistema podrá brindar el valor aproximado en magnitud de la velocidad y dirección del viento.

11. Acabado.

- El sistema debe contar con un acabado industrial apropiado.

10.1.3.2 Requerimientos de Producción.

- En las características de estructura general, el prototipo cuenta con 2 sensores, 1 opto acoplador; un microcontrolador, su respectivo cableado y su alimentación(batería).
- El sistema estará cubierto por de una pasta resistente en el que se ubicaran los diferentes componentes del prototipo.
- El sistema contará con una etapa de recolección y otra de almacenamiento de datos(variables).
- El sistema contará con un sistema de alerta para cambio, reparación o carga de batería.

10.1.3.3 Requerimientos Técnico-Productivos.

- El sistema será construido de forma industrial siguiendo un plano de detalle con la composición y características de cada uno de los componentes.
- Al ser un prototipo de unión tecnológica se deben tener en cuenta las dimensiones físicas que cada una de las partes que componen el sistema.
- La base para el prototipo será elaborada con aluminio.
- Se aproxima que la Sensórica y los demás elementos lleguen a costar aproximadamente 350.000 a 400.000 pesos colombianos.

10.1.3.4 Requerimientos Estéticos y de Identificación.

- El sistema deberá contar con un acabado industrial.
- El sistema deberá contar con las normas para la conexión, protección y puesta en marcha según la normatividad documentada por el Ministerio de Ambiente.
- El sistema de ver contar con proporciones adecuadas con respecto a dimensiones para el buen manejo y aprovechamiento de espacio y tiempo entre las mediciones.
- El prototipo inicial será fácil de replicar, con el fin del complemento y generación de la red de Monitoreo de Olores Ofensivos.
- Es importante que el prototipo tenga un funcionamiento constante y exitoso, debido al enfoque social que se quiere generar con respecto a la calidad del aire.
- El prototipo contará con un instructivo básico de operación.

10.1.4 Materiales, Procesos.

A continuación, vamos a caracterizar dos tipos de materiales que se podrían implementar para el desarrollo de la estructura del dispositivo de alarma temprana del sueño, más adelante se evaluará que materiales, procesos y normativas son las que optimicen su función y los estándares de calidad.

10.1.4.1 Materiales.

- Aluminio. [19]

Tabla 13 Características Aluminio

Unidad	Espesor		Ancho		Longitud		Diámetro interno		Diámetro externo	Peso	Aleación
	min	max	min	max	min	max	min	max	max	max	
Rollo y Cinta											
Pulgadas	0.008	0.134	1	48	-	-	16	20	47	1,700 Lb	1XXX 3XXX
mm	0.2	3.4	25	1220	-	-	406	508	1,200	800 kg	5XXX
Hoja Natural											
Pulgadas	0.008	0.165	8	48	14	144	-	-	-	-	1XXX 3XXX
mm	0.2	4.2	200	1220	350	3,660	-	-	-	-	5XXX

Características.

Los perfiles estructurales los cuales manejan alturas se diseñan con diferentes tipos de mástiles los cuales manejan distintos tamaños, depende el alcance al que se quiera llegar, en este caso se va a utilizar un mástil que alcance una altura de hasta 600cm para que nos dé una mayor precisión cuando las variables climáticas varíen.

Otra alternativa para realizar el ensamble o en muchos casos complementar el mismo se puede realizar mediante la utilización de pernos o tornillos complementados con ángulos en material plástico resistente al cual se le incrustan tuercas para poder realizar el empalme solo.

Este producto se vende en diferentes presentaciones como: lámina de aluminio lisa, lámina de aluminio en hoja, lámina natural de aluminio, lámina de aluminio pintada, lámina de aluminio en rollo y lámina de aluminio en cinta.

Características del producto.

Los perfiles estructurales tubulares son una alternativa industrial diseñada para construir sistemas estructurales metálicos de alta resistencia, de manera práctica, rápida y sencilla. Se pueden emplear como columnas, vigas, viguetas simples, en combinación con otros elementos de nuestra línea estructural y/o en conjunto con cualquier otra alternativa del mercado.



Figura 26 Tubo cilíndrico

- Base y Cuerpo mástil. (Figura 24)

Una vez que se realicen los cortes y se tengan las estructuras a nivel modular faltaría realizar el ensamble de dichas partes, en este tipo de material se pueden realizar juntas mediante un cordón de soldadura (Figura 24), el cual uniría 2 o más piezas en una. En el caso de la base y el cuerpo se desarrollará un complemento y encaje con tornillería.

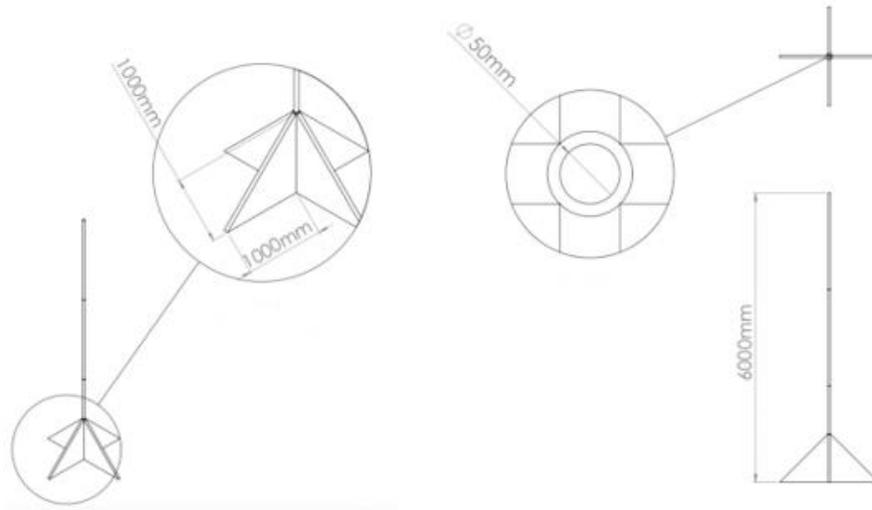


Figura 27 Planos de diseño para Mástil.

-Tipos de unión estructural:

Una vez que se realicen los cortes y se tengan las estructuras a nivel modular faltaría realizar el ensamble de dichas partes, en este tipo de material se pueden realizar juntas mediante un cordón de soldadura, el cual uniría 2 o más piezas en una. [20]



Figura 28 Unión por soldadura en arco.

Otra alternativa para realizar el ensamble o en muchos casos complementar el mismo se puede realizar mediante la utilización de pernos o tornillos complementados

Tabla 15 Características Caja Nema		
Caja Nema	ABS (Acrilonitrilo butadieno estireno)	PLA (Ácido poliláctico)
Características	Extremadamente resistente	No emite gases nocivos
	Posee un poco de flexibilidad	Tiene un rango más amplio de colores
	Se puede mecanizar, pulir, lijar, limar, agujerar, pintar, etc. Con extrema facilidad.	No resiste altas temperaturas
	Desprende gases que en concentraciones altas pueden ser nocivos.	

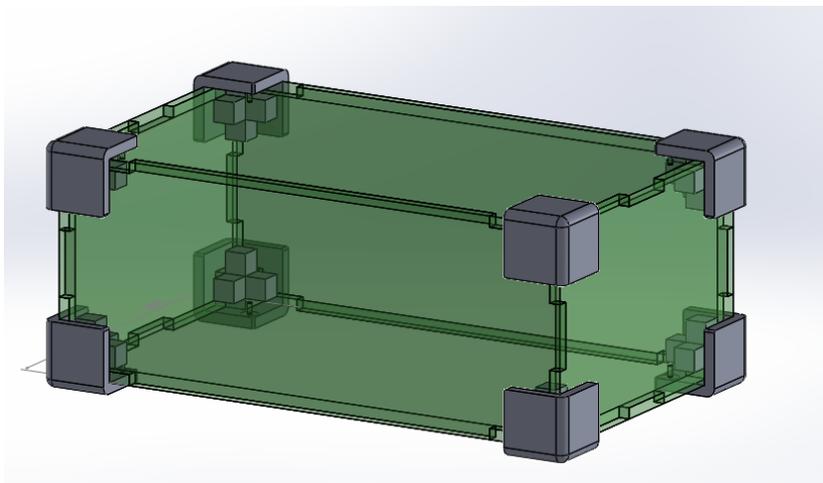


Figura 30 Caja Nema

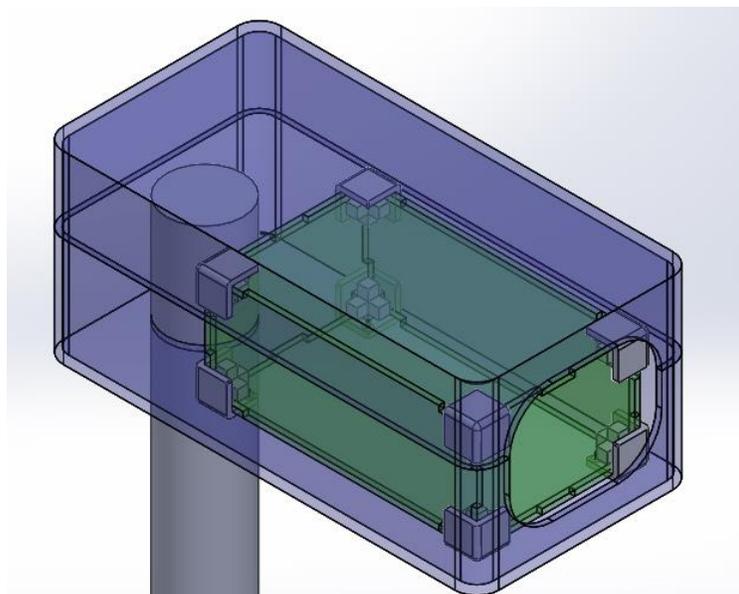


Figura 31 Contenedor de protección.

10.1.4.2 Procesos.

En este apartado se establecen los posibles materiales que serán empleados en la construcción física del prototipo, la integración de los componentes, los sistemas estructurales que optimicen su función y los estándares y normativas de producción y diseño. El semillero de química ambiental de la Universidad el Bosque tiene como objetivo monitorear y tener un respaldo de las mediciones de los olores ofensivos, esto con el fin de poder entregar estos datos a una entidad ambiental que pueda poner un control a estos. Para esto se realizó un presupuesto global evidenciando costos y tiempo de trabajo en el desarrollo del proyecto.

Tabla 16 Tareas del proyecto

Instalación del sistema	2,0
Capacitación al personal	2,0
Realizar prueba de aceptación	2,0
Realizar revisión posterior al proyecto	2,0
Documentación	2,0
Subtotal	10,0

Tabla 17 Presupuesto.

Tareas del proyecto	Horas semanales	Costo Material	Otros costos	Total por tarea
Compra e investigación componentes electrónicos	2	\$1'500.000	\$200.000	\$1'700.000
Desarrollo de la parte electrónica	2	\$400.000	\$55.000	\$455.000.
Compra o desarrollo del software	2	\$50.000	\$5.000	\$55.000
Compra e investigación de materiales mecánicos	2	\$320.000	\$55.000	\$375.000
Desarrollo de la parte mecánica	2	\$150.000	\$70.000	\$220.000
Compra e investigación del equipo	2	\$560.000	\$50.000	\$630.000
Subtotal	12	\$325.000	\$45.000	\$3'435.000

La integración de diferentes tecnologías es la base para la red de monitoreo de olores ofensivos. Se tendrá una estación meteorológica, la cual contará con el anemómetro y la veleta, encargados de la medición de la velocidad y la dirección del viento.

10.2 Planificación de la producción "Determinación de la configuración del Hardware".

10.2.1 Alcance del proyecto.

Antes del inicio de la caracterización, análisis, requerimientos, diseño industrial y diseño conceptual es importante fijar el alcance del proyecto. Mediante el modelo del diseño industrial y el modelo electrónico se buscan integrar los sistemas de diseño conceptual, montaje y pruebas de desarrollo; integrando así el sistema electrónico y la Sensórica del sistema. Es importante aclarar que las diferentes adecuaciones relacionadas con el montaje pueden variar durante las pruebas, lo ideal es minimizar los errores y priorizar la óptima toma de datos. El correcto funcionamiento, el uso y el desempeño del prototipo de Nariz Electrónica se evidencia a lo largo del documento, las diferentes alternativas para puesta en operación, como soportes, recubrimientos y empaques se irán teniendo en cuenta con el avance de la investigación; se debe de esta forma evidenciar el trabajo de los autores para la actualización de los diseños, la implementación y pruebas de integración electrónica e industrial.

10.2.2 Alternativas de configuración.

A continuación, se plantean las posibles soluciones propuestas con el fin de resolver el problema, basados en el proceso a desarrollar en el proyecto, buscando la evaluación y el cumplimiento de los requerimientos del sistema.

Diseño #1

Este diseño cuenta con los componentes superficiales y generales del sistema. Para este diseño se requiere inicialmente del ser vivo productor de las sustancias del análisis. Continuando con un prototipo de recepción ubicado en las cercanías del lugar de emisión. Las sustancias del análisis(gases) luego de ser percibidas por el prototipo se almacenan en un dispositivo(microcontrolador) el cual mediante conversión(programación) tranforma los datos en variables cuantificadas según normatividad y caracterización de calidad del aire. Finalmente se transmiten y se publican en una plataforma web para continuar con el análisis pertinente. (Figura 22).

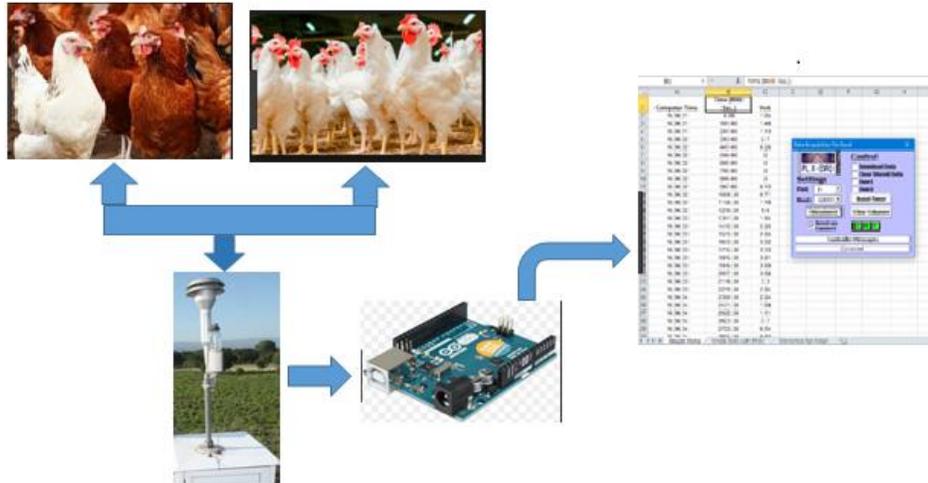


Figura 32 Primera Opción de configuración

DISEÑO#2

Para este diseño se cuenta con el estudio del proceso por el cual los elementos ofensivos que se dan por las diferentes sustancias que deja un animal, genera inicialmente incomodidad en la población por esto se decide implementar un prototipo que pueda ayudar a la solución mediante el análisis de estados y variables presentes en un olor ofensivo. Terminada la toma de datos se genera un estudio ambiental mucho más riguroso con el fin de hacer un llamado a los entes legales de Calidad del aire y calidad de vida, para que tomen medidas acerca de la práctica controlada de la avicultura en un entorno específico. Siendo un diseño global no se profundiza en materiales de sensórica y electrónica específicos, sólo se expone la propuesta generalizada de funcionamiento del sistema.

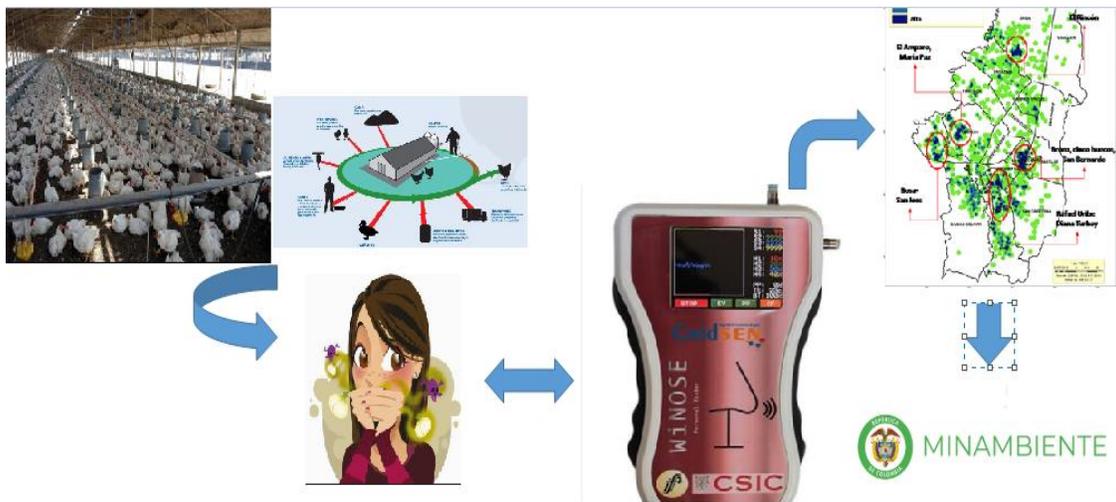


Figura 33 Segunda opción de configuración.

10.2.3 Evaluación y presentación de Alternativa Final.

Tabla 18 Evaluación Alternativa Final

Criterio	Alternativa				Peso
	Alternativa 1		Alternativa 2		
	Eval.	Pond.	Eval.	Pond.	
Costo establecido	4	0,6	3,3	0,49	15%
Factibilidad de compra de materiales.	4.2	0,84	3	0,6	20%
Estética	4	0,6	3,3	0,49	15%
Funcionamiento exitoso	4	0,8	4,4	0,9	20%
Facilidad de implementación	4.2	0,7	4,5	0,7	15%
Precisión en toma de datos.	4.5	0,6	3,5	0,5	15%
	4,1		3,5		100%

De acuerdo con la evaluación de alternativas; se determina como la ideal y correcta la primera alternativa de solución (Figura 22). La factibilidad en la adquisición de los materiales, la accesibilidad a los mismos por su costo, la estética del prototipo; generan en esta alternativa una característica singular; para su fácil implementación, correcto funcionamiento y de igual forma precisión en la toma de datos.

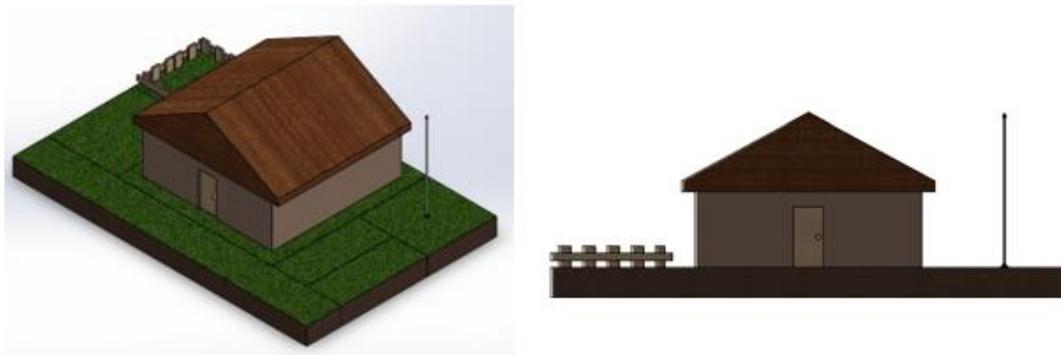


Figura 34 Diseño a Implementar (Vista general del espacio).



Figura 35 Montaje preliminar (Pruebas)

11. IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo se observa todas las implementaciones realizadas a lo largo del proyecto de cada uno de los subsistemas (Sensores, mástil, procesamiento y Controlador) y la integración del mismo respecto al prototipo para olores ofensivos. Además, se evidenciarán las diferentes localizaciones y partes que permiten implementar el sistema.

11.1 Implementación de los subsistemas.

11.1.1 Implementación de alimentación para el sistema.

Para garantizar el continuo y correcto funcionamiento del prototipo, se decide realizar la conexión a la red eléctrica. De esta forma la fuente regulada variable posee un diodo led que hace las veces de un testigo e identificador de correcto flujo de energía, voltaje y corriente para la alimentación del prototipo. (Figura 36)

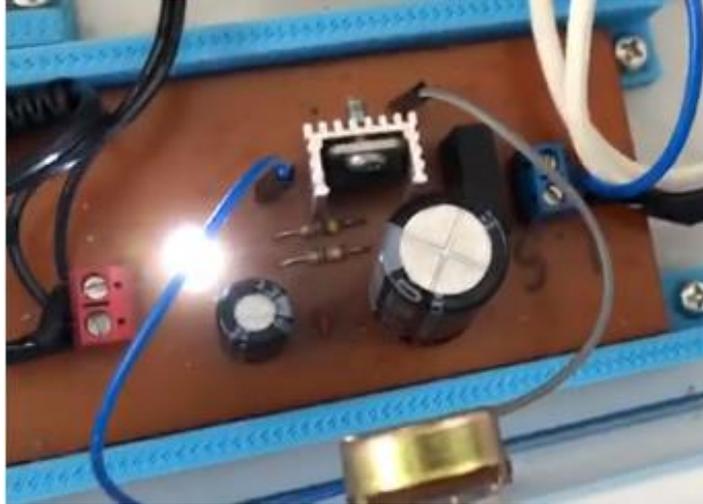


Figura 36 Fuente operativa

11.1.2 Implementación de sensores.

En este proceso se realizan diferentes pruebas al prototipo en un ambiente controlado, este puede desarrollarse dentro de un laboratorio de química de la Universidad El Bosque coordinando con el Semillero de Química Ambiental. Se tendrán en cuenta sensores certificados de temperatura, gas y material particulado.

Estos sensores serían suministrados por los coordinadores del laboratorio a través del director del proyecto, por lo tanto y con respecto a las referencias de los sensores el conocimiento será muy básico.

Con estos sensores certificados se buscará comparar nuestro prototipo con los sensores industriales y tecnológicamente sofisticados y así identificar y observar el nivel de variación en las medidas. Inicialmente se tiene que realizar una limpieza de impurezas dentro del sistema, para tener aire lo más limpio posible.

Para la implementación inicial (Figura 32) el montaje físico del sistema electrónico el cual permite medir las diferentes variables requeridas (Amoniaco & Sulfuro de hidrogeno), en este caso se realizó una prueba de medición del hidrogeno

para mirar el comportamiento de dicho sensor, este ensayo permite entender el correcto funcionamiento del sistema, para poder realizar las calibraciones adecuadas en los dispositivos MQ-137 y MQ-136.

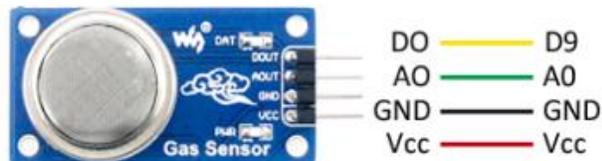
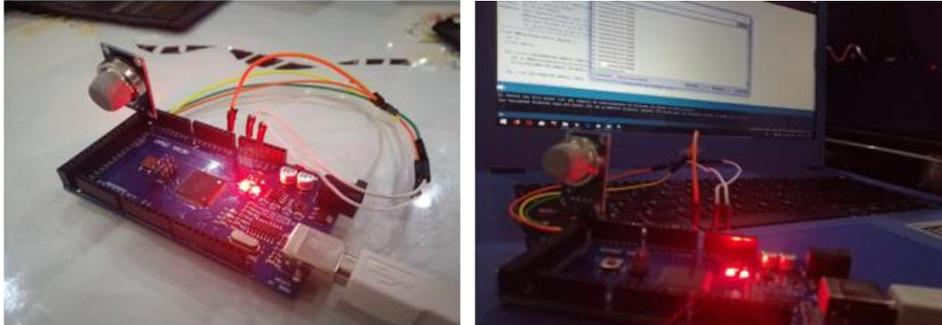


Figura 37 Implementación de los sensores Q-137

11.1.1.1 Proceso de calibración del sensor de mq-137 (Amoniaco).

Con relación a la documentación e información suministrada por el proveedor en datasheets; es importantes saber que para la correcta lectura de Amoniaco se realiza través de una medición a partir de la resistencia (Figura 34), y se hace una conversión análoga/digital para la expresión del amoniaco (Figura 35).

```

calculo_R0$
void setup() {
  Serial.begin(9600); //Configuración de Baudios
}

void loop() {
  float sensor_volt; //Definición de la variable de sensor
  float RS_air; //Definición de la variable para la resistencia del sensor
  float R0; //Variable para R0
  float ValorSensor; //Variable para lectura de entrada analoga
  ValorSensor = analogRead(A0);
  voltaje_sensor = ValorSensor*(5.0/1023.0); //Conversión a voltaje
  RS_amb= ((5.0*47.0)/voltaje_sensor)-47.0; //Calculo de RS en ambiente
  R0 = RS_amb/3.5; //Calculo de R0

  Serial.print("R0 = "); //Mostrar "R0"
  Serial.println(sensorValue); //Mstrar valor de R0
  delay(1000); //Espera
}

```

Figura 38 Calculo de Resistencia según fabricante. (R0)

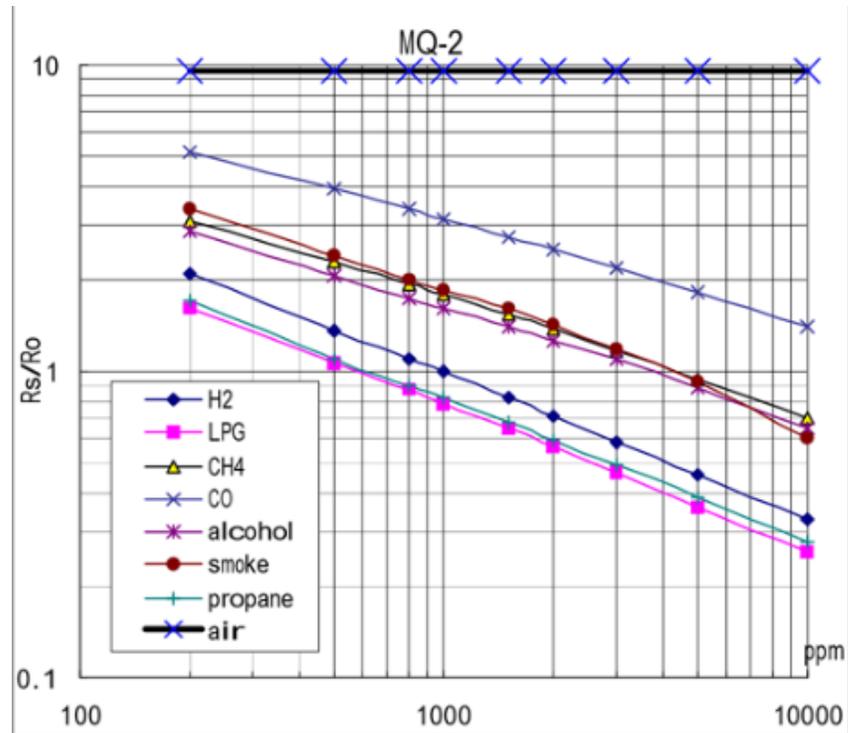


Figura 39 Índices de concentración en Sensores MQ.

De igual forma, no solo el comportamiento gráfico sino la exactitud matemática brinda que la conversión de los datos sea verídica y acertada. [22]

$$\text{Concentración} = 10^{(A \cdot \log(\frac{R_s}{R_o}) + B)}$$

Considerando el gráfico de los sensores MQ (Figura 34), se debe escoger dos puntos $P_0 = \{X_0, Y_0\}$ y $P_1 = \{X_1, Y_1\}$

$$y = A * x + B$$

Se continúa con el proceso y cálculo, siendo;

$$A = \frac{Y_1 - Y_0}{X_1 - X_0}$$

$$B = Y_0 - A * X_0$$

```

sensor_mq137 §
const int MQ_PIN = A1;      // Pin del sensor
const int RL_VALUE = 20;   // Resistencia RL del modulo en Kilo ohms
const int R0 = 35;        // Resistencia R0 del sensor en Kilo ohms

// Datos para lectura multiple
const int READ_SAMPLE_INTERVAL = 100; // Tiempo entre muestras
const int READ_SAMPLE_TIMES = 5;      // Numero muestras

// Ajustar valores del sensor según el Datasheet)
const float X0 = 40;
const float Y0 = 1;
const float X1 = 100;
const float Y1 = 0.8;

// Puntos de la curva de concentración {X, Y}
const float punto0[] = { log10(X0), log10(Y0) };
const float punto1[] = { log10(X1), log10(Y1) };

// Calculo de pendiente
const float scope = (punto1[1] - punto0[1]) / (punto1[0] - punto0[0]);
const float coord = punto0[1] - punto0[0] * scope;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  float rs_med = readMQ(MQ_PIN); // Obtener la Rs promedio
  float concentration = getConcentration(rs_med/R0); // Obtener la concentración

  // Mostrar el valor de la concentración por serial
  Serial.println("Concentración Acido Sulfurico: ");
  Serial.println(concentration);
  Serial.println("PPM");
}

// Obtener la resistencia promedio en N muestras
float readMQ(int mq_pin)
{
  float rs = 0;
  for (int i = 0; i < READ_SAMPLE_TIMES; i++) {
    rs += getMQResistance(analogRead(mq_pin));
    delay(READ_SAMPLE_INTERVAL);
  }
  return rs / READ_SAMPLE_TIMES;
}

// Obtener resistencia a partir de la lectura analogica
float getMQResistance(int raw_adc)
{
  return (((float)RL_VALUE / 1000.0 * (1023 - raw_adc) / raw_adc));
}

// Obtener concentración 10^(coord + scope * log (rs/r0))
float getConcentration(float rs_ro_ratio)
{
  return pow(10, coord + scope * log(rs_ro_ratio));
}

```

Figura 40 Código de programación para Sulfuro de Hidrógeno

```

Calibracion...
Ro=3.78kohm

acido sulfhidrico:16ppm
acido sulfhidrico:17ppm
acido sulfhidrico:17ppm
acido sulfhidrico:18ppm
acido sulfhidrico:17ppm
acido sulfhidrico:17ppm
acido sulfhidrico:17ppm
acido sulfhidrico:16ppm
acido sulfhidrico:16ppm
acido sulfhidrico:16ppm

 Autoscroll  Mostrar marca temporal
Nueva línea 9600 baudio Limpiar salida

```

Figura 41 Concentración Sulfuro de Hidrógeno.

11.1.1.2 Proceso de calibración del sensor de mq-136 (Sulfuro de Hidrógeno).

Según el fabricante y el datasheet el proceso para determinar la concentración tiene similitudes.

```

sensor_mq_136 §
const int MQ_PIN = A1;      // Pin del sensor
const int RL_VALUE = 20;   // Resistencia RL del modulo en Kilo ohms
const int R0 = 35;        // Resistencia R0 del sensor en Kilo ohms

// Datos para lectura multiple
const int READ_SAMPLE_INTERVAL = 100; // Tiempo entre muestras
const int READ_SAMPLE_TIMES = 5;      // Numero muestras

// Ajustar valores del sensor según el Datasheet)
const float X0 = 40;
const float Y0 = 1;
const float X1 = 100;
const float Y1 = 0.8;

// Puntos de la curva de concentración {X, Y}
const float punto0[] = { log10(X0), log10(Y0) };
const float punto1[] = { log10(X1), log10(Y1) };

// Calculo de pendiente
const float scope = (punto1[1] - punto0[1]) / (punto1[0] - punto0[0]);
const float coord = punto0[1] - punto0[0] * scope;

void setup()
{

```

```

{
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  float rs_med = readMQ(MQ_PIN); // Obtener la Rs promedio
  float concentration = getConcentration(rs_med/R0); // Obtener la concentración

  // Mostrar el valor de la concentración por serial
  Serial.println("Concentración Acido Sulfurico: ");
  Serial.println(concentration);
  Serial.println("PPM");
}

// Obtener la resistencia promedio en N muestras
float readMQ(int mq_pin)
{
  float rs = 0;
  for (int i = 0; i < READ_SAMPLE_TIMES; i++) {
    rs += getMQResistance(analogRead(mq_pin));
    delay(READ_SAMPLE_INTERVAL);
  }
  return rs / READ_SAMPLE_TIMES;
}

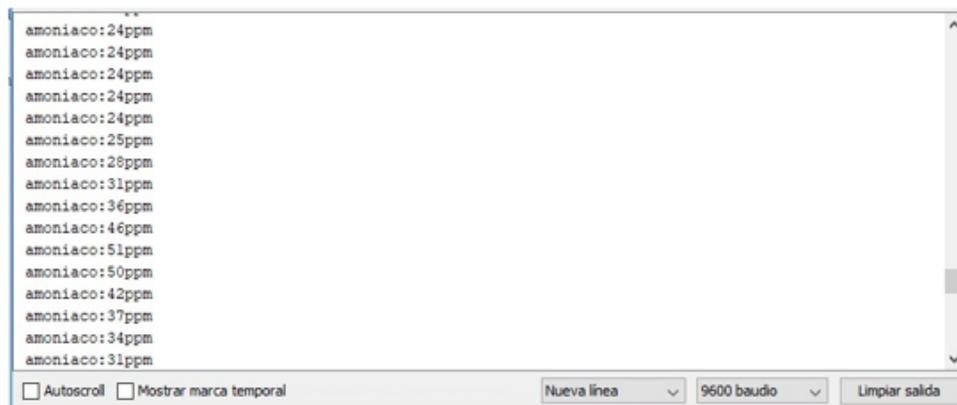
// Obtener resistencia a partir de la lectura analogica
float getMQResistance(int raw_adc)
{
  return (((float)RL_VALUE / 1000.0*(1023 - raw_adc) / raw_adc));
}

// Obtener concentracion 10^(coord + scope * log (rs/r0))
float getConcentration(float rs_ro_ratio)
{
  return pow(10, coord + scope * log(rs_ro_ratio));
}

```

Calibracion...

Ro=3.89kohm



```

amoniaco:24ppm
amoniaco:24ppm
amoniaco:24ppm
amoniaco:24ppm
amoniaco:24ppm
amoniaco:25ppm
amoniaco:28ppm
amoniaco:31ppm
amoniaco:36ppm
amoniaco:46ppm
amoniaco:51ppm
amoniaco:50ppm
amoniaco:42ppm
amoniaco:37ppm
amoniaco:34ppm
amoniaco:31ppm

```

Figura 42 Concentración de Amoniaco.

11.1.3 Implementación del mástil

En el estudio relacionado con diseño industrial y montaje físico se realiza mediante el conocimiento de la conservación de la carcasa que recubrirá el prototipo, esto con el fin de comprobar si el material de recubrimiento es lo suficientemente fuerte y logrará protección de golpes, ralladuras y agua. De igual forma se realiza la búsqueda de un lugar amplio, compacto y central del sitio de pruebas para el montaje del mástil.

El sistema en general debe exponerse a una serie de factores físicos, buscando garantizar el funcionamiento continuo. Se debe exponer al agua para observar si la carcasa es impermeable. Para esto se debe tener en cuenta los requerimientos estipulados de las dimensiones y el peso que puede tener todo el sistema. Con relación a la garantía de mediciones correctas y exactas un soporte rígido y fuerte para el prototipo, ayudará a lograr diferentes rangos de altura y alcance. A continuación, se evidencia el paso a paso que se utilizó para probar el sistema.

1. Pesarse el sistema completo.
2. Tomar las medidas de las dimensiones del sistema.
3. El sistema físico, se expondrá a golpes y ralladuras para observar la dureza del material.
4. El sistema mecánico tendrá varias pruebas, principalmente diferentes elongaciones verticales para el estudio variado de alturas y medición del material particulado.
5. El sistema se instalará y el sistema mecánico debe soportarlo; evidenciando estabilidad para el prototipo.
6. Completar la tabla donde se incluye los requerimientos evaluados, descripción del ambiente de prueba y observaciones.



Figura 43 Implementación de mástil.

11.1.4 Implementación Anemómetro.

Se debe realizar la correcta conexión de alimentación (Voltaje) al puerto de entrada análogo del microcontrolador (Figura 44). Iniciando con la verificación de composición física de las 3 ventosas y los orificios de conexión física del anemómetro a las tarjetas Arduino Mega2560 y Sim808 GSM. Se debe realizar la correcta conexión de alimentación (Voltaje) al puerto de entrada análogo del microcontrolador, posteriormente realizar el cargue y compilación del código programado para el inicio de las pruebas. (Figura 53). Teniendo correctamente configurado el anemómetro se procede a la visualización mediante el panel de Serial de la plataforma Arduino, con la cual se procede a validar la garantía de la conexión y la posibilidad de transmisión de información. [23]

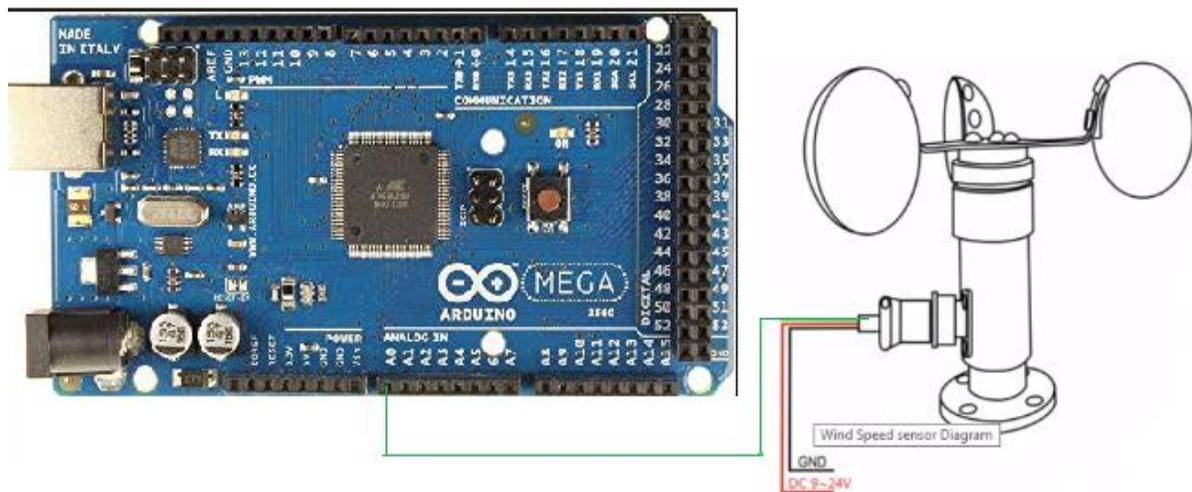


Figura 44 Conexión de anemómetro con tarjeta Arduino.

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  int ValorSensor = analogRead(A2);
  float Salidavoltage =ValorSensor * (5.0 / 1023.0);
  Serial.print("voltage = ");
  Serial.print(Salidavoltage);
  Serial.println("V");
  int Niv = 6*Salidavoltage;//La velocidad del viento es proporcional al voltaje
  Serial.print("NIVEL ");
  Serial.print(Niv);
  Serial.println(" m/s");
  Serial.println();
  delay(500);
}
```

Figura 45 Código de programación Anemómetro.

11.1.4 Unidad central de procesamiento.

Para la correcta operación del sistema de lectura de señales análogas que proveen los sensores y su procesamiento, se revisan posibles fallos o alertas que se puedan hacer visibles mediante los led's testigos de alguna de las tarjetas, sensores y demás componentes integrantes del sistema. Es importante la validación de salidas y entradas de voltaje y corriente en cada una de las interconexiones de componentes.

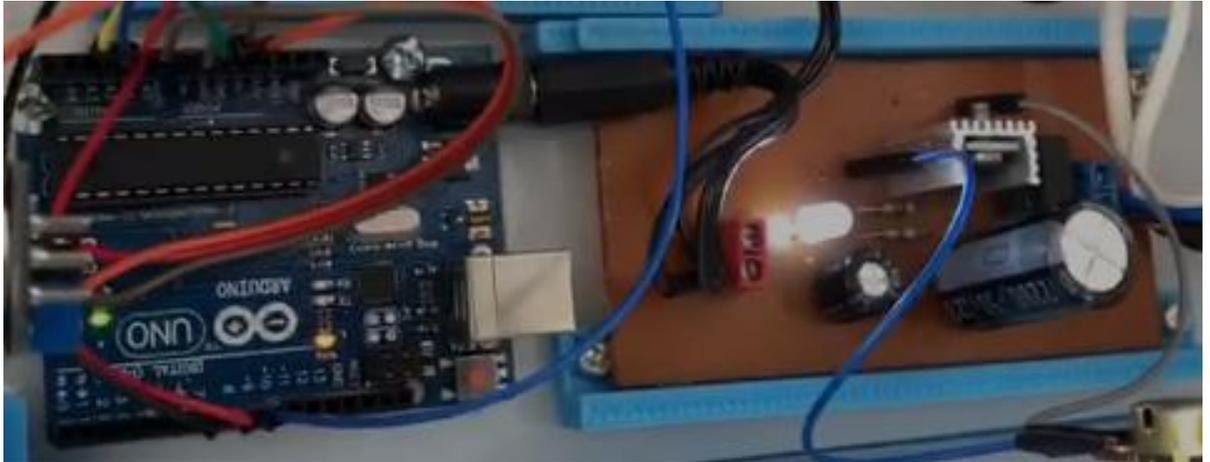


Figura 46 Verificación de operación y conectividad.

Para la realización del enlace entre la Sensórica (Incluyendo el Anemómetro) y el controlador se debe realizar la debida conexión y programación de las tarjetas. Es importante validar la correcta operación de conectividad de la tarjeta SIM808, la que será la encargada de transmitir los datos proporcionados por los sensores y procesados por el microcontrolador.

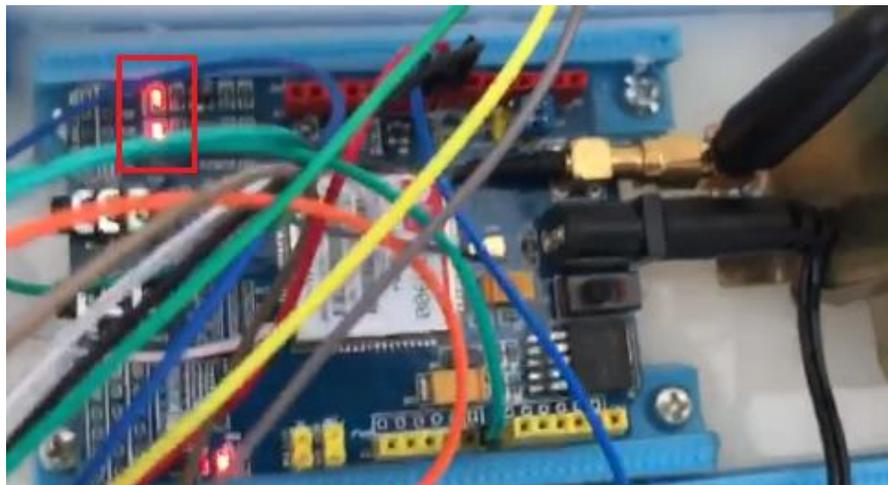


Figura 47 Sim808 conectada.

Para la validación en la conexión, se debe verificar la frecuencia de encendido en los leds que se indican (Figura 40). Además de verificar mediante el panel serial los protocolos de conexión que se trabajan con esta tarjeta. Los comandos AT (Figura 41) y la comprobación del estado del módulo se identifica cuando se muestra el comando "AT+CREG?" que realiza la comprobación de conexión a la red y finalmente en "AT+CIFSR" se obtiene la asignación de IP que se convertirá en este caso en el canal de transmisión para los datos.

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial SIM900(7, 8); //Seleccionamos los pines 7 como Rx y 8 como Tx

void setup()
{
  SIM900.begin(19200);
  Serial.begin(19200);
  delay(1000);
}

void loop()
{
  //Enviamos y recibimos datos
  if (Serial.available() > 0)
    SIM900.write(Serial.read());
  if (SIM900.available() > 0)
    Serial.write(SIM900.read());
}
```

```
AT

OK
AT+CREG?

+CREG: 0,1

OK
AT+CIFSR

10.137.230.161
```

Figura 48 Comandos AT

La compone el ordenador portátil y el programa de Software libre compatible con la tarjeta y el controlador que se está utilizando. Se utilizó un ordenador de marca ASUS que cuenta con un procesador de 64 Intel(R) Core (TM) i7, 8GB de memoria RAM, procesador de 64 bits y Windows 10 como sistema Operativo. (Figura 43) De igual forma se instala los navegadores Internet Explorer, Google Chrome, Microsoft Edge para validar el acceso a la URL en la que se realizará la visualización de cada uno de los datos. Para la visualización es necesario solamente tener acceso a internet, para cualquier dispositivo móvil la plataforma interactiva está disponible.



Figura 49 Plataforma desde celular

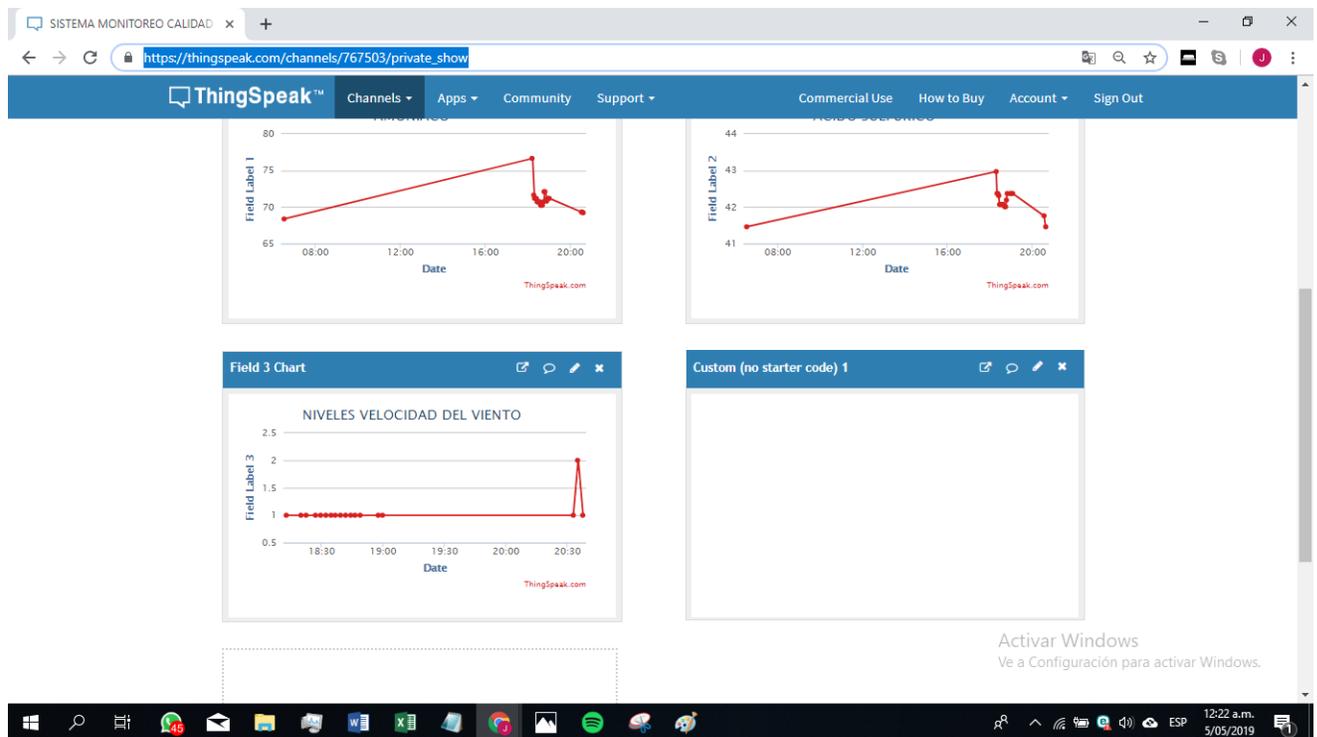


Figura 50 Plataforma en computador.

11.2 Integración del sistema.

Para la realización correcta de esta fase de implementación, se debe realizar el montaje completo de nuestro mástil en el sitio estipulado y acorde a los estudios en sitio. Inicialmente se debe aclarar que el prototipo estará ubicado en un punto fijo y estático, todas las mediciones que se realicen tendrán su respectivo almacenamiento y tabulación. De igual forma se debe tener claridad en que el material particulado y sus

diferentes compuestos químicos son bastantes y más en el ambiente agricultor. El plan de pruebas en el exterior se realizará en las instalaciones de un Galpón del municipio de Guayabal de Siquima. A continuación, se encuentra una serie de pasos para hacer el correcto montaje:

1. Instalar los sensores de material particulado en los intervalos de distancia establecidos.
2. Observar cuidadosamente que el sistema esté debidamente conectado internamente, es decir, la conexión de los sensores, GPS, y anemómetro.
3. Encender el sistema y esperar 10 segundos para que inicie el sistema.
4. Establecer la altura (4.60-5.70 metros) indicada para iniciar las mediciones del sistema y los sensores, utilizando el mástil de montaje.
5. Iniciar las mediciones del sistema y de los sensores.
6. Tomar la medición con una duración de 1 minuto y progresivamente hasta los 10 minutos.
7. Almacenar los datos del sistema y de los sensores mediante tablas.
8. Evaluar los valores que se ingresan en la tabla; y de esta forma incluir los requerimientos evaluados, descripción del ambiente de prueba, valores teóricos, valores medidos y observaciones.
9. Realizar los pasos anteriores 3 veces como mínimo; teniendo en cuenta validaciones y cambios climatológicos, cambios de tiempo y precipitaciones.

Luego de la minuciosa revisión de cada una de las conexiones de la integración tecnológica que se desarrolla, de asegurará debidamente los contenedores se procede a la realización de las pruebas de operación.

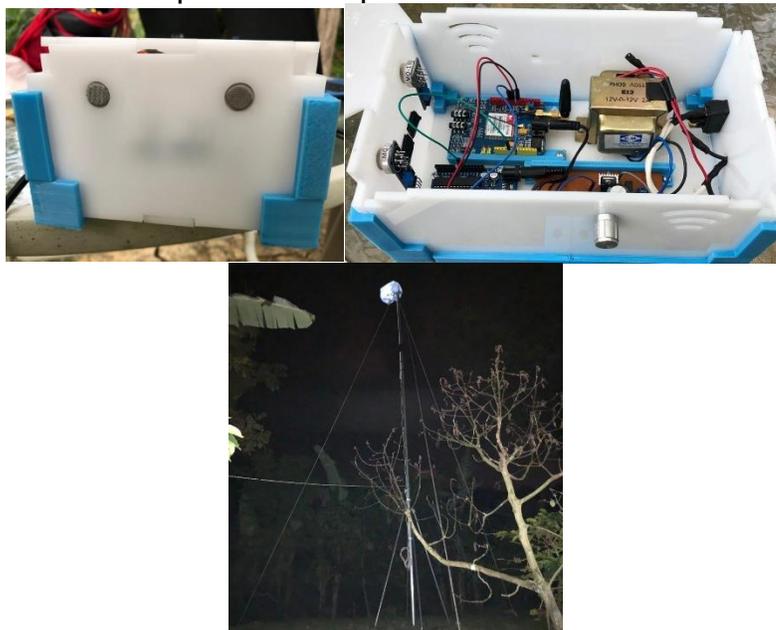


Figura 51 Estructura y conexión de componentes.

12. PRUEBAS

12.1 Pruebas de componentes

12.1.1 Pruebas del sensor MQ-137(Amoniaco).

Cuando se haya se inician las mediciones a través de los sensores. Primero se medirá el aire ambiente que hay dentro de la caja para tener el mínimo de partículas que hay en ese momento. A continuación, se presenta una serie de pasos para hacer estas pruebas anteriormente mencionadas.

1. Hacer una limpieza de impurezas dentro del sistema, para iniciar las pruebas.
2. Observar cuidadosamente que el sistema esté debidamente conectado internamente, es decir, la conexión de los sensores, GPS, y anemómetro.
3. Encender el sistema y esperar 10 segundos para que inicie el sistema.
4. Encender los sensores certificados (MQ-137(Amoniaco) y, El módulo GSM sim808. Se debe tener claro el funcionamiento operativo de estos sensores con respecto a manual de instrucciones de proveedor (datasheet).
5. Verificar que el disipador no esté muy caliente para evitar picos de saturación del sistema.
6. Los sensores y el sistema deben estar ubicados a menos de 2cm de distancia de separación.
7. Hacer las primeras mediciones, para hallar el mínimo de partículas dentro del sistema, comparando con las simulaciones.
8. Tomar la medición con una duración de 1 minuto. (Inicialmente)
9. Ilustrar los datos del sistema y de los sensores mediante tablas y gráficas, haciendo comparaciones entre las mediciones hechas por cada uno.
10. Completar la tabla donde se incluye los requerimientos evaluados, descripción del ambiente de prueba, valores teóricos, valores medidos y observaciones.
11. Hacer mediciones dentro del sistema con ambientes en exposición a posibles variables y material que se pueda presentar en campo.

Esta lectura analógica permite analizar la concentración del gas la cual es normalmente se expresa en ppm (partes por millón). Cada uno de los datasheet proporciona unas graficas que facilitan la concentración del gas a partir de la relación que existe entre la resistencia del sensor R_0 y la resistencia medida R_s . También se conoce la resistencia R_L empleada en cada uno de los módulos para el amoniaco $R_L = 47K\Omega$ y Ácido Sulphídrico $R_L = 20K\Omega$, estos valores permiten realizar la ecuación de regresión lineal del sistema electrónico.

Teniendo en cuenta el paso a paso anterior se procede a realizar la calibración. Iniciando con la con la compilación y programación del siguiente código en el microcontrolador.

A continuación, se presenta la tabla utilizada para realizar las mediciones de prueba y cumplimiento de operación y el valor de la concentración de Amoniacó respectivamente en ambiente de pruebas.

Tabla 19 Amoniacó en ambiente de pruebas						
No. Requerimiento	Descripción del ambiente	Valor Teórico	Valor Medido	Observaciones	Sensor	Aprobado/No Aprobado
1	Húmedo	T 31.5PPM	M-35.2PPM	Los olores ofensivos detectados son bajos	MQ-137	Aprobado
2	Soleado	T 46.4PPM	M-46.0PPM	Los olores ofensivos detectados se perciben	MQ-137	Aprobado

Concentración Amoniacó:

26.66

PPM

Concentración Amoniacó:

26.66

PPM

Figura 52 Concentración de Amoniacó en sitio (Pruebas)

12.1.2 Pruebas del sensor MQ.136 (Sulfuro de Hidrogeno).

1. Hacer una limpieza de impurezas dentro del sistema, para iniciar las pruebas.
2. Observar cuidadosamente que el sistema esté debidamente conectado internamente, es decir, la conexión de los sensores, GPS, y anemómetro.
3. Encender el sistema y esperar 10 segundos para que inicie el sistema.
4. Encender los sensores certificados (MQ-137(Amoniacó) y, El módulo GSM sim808.Se debe tener claro el funcionamiento operativo de estos sensores con respecto a manual de instrucciones de proveedor (datasheet).
5. Verificar que el disipador no esté muy caliente para evitar picos de saturación del sistema.
6. Los sensores y el sistema deben estar ubicados a menos de 2cm de distancia de separación.
7. Hacer las primeras mediciones, para hallar el mínimo de partículas dentro del sistema, comparando con las simulaciones.
8. Tomar la medición con una duración de 1 minuto. (Inicialmente)
9. Ilustrar los datos del sistema y de los sensores mediante tablas y gráficas, haciendo comparaciones entre las mediciones hechas por cada uno.
10. Completar la tabla donde se incluye los requerimientos evaluados, descripción del ambiente de prueba, valores teóricos, valores medidos y observaciones.

11. Hacer mediciones dentro del sistema con ambientes en exposición a posibles variables y material que se pueda presentar en campo.

Primero se medirá el aire ambiente que hay dentro de la caja para tener el mínimo de partículas que hay en ese momento. A continuación, se presenta la misma serie de pasos del sensor MQ.137, para hacer estas pruebas anteriormente mencionadas.

A continuación, se presenta la tabla utilizada para realizar las mediciones de Sulfuro de Hidrógeno en ambiente de pruebas y en cumplimiento de la operación.

Tabla 20 Sulfuro de Hidrógeno en Ambiente de pruebas.						
No. Requerimiento	Descripción del ambiente	Valor Teórico	Valor Medido	Observaciones	Sensor	Aprobado/No Aprobado
1	Húmedo	T-20PPM	M-19PPM	Los olores ofensivos detectados son bajos	MQ-136	Aprobado
2	Soleado	T-23PPM	M-22.8PPM	Los olores ofensivos detectados se perciben	MQ-136	Aprobado

Concentración Acido Sulfurico:
41.03
PPM
Concentración Acido Sulfurico:
41.03
PPM

Figura 53 Concentración de Sulfuro de Hidrógeno en sitio (Pruebas)

Encontramos características técnicas del sensor al momento de realizar la medición de las variables ambientales, el sensor MQ-136, está conformado por un sensor electroquímico, que cambia su resistencia al hacer roce con las sustancias anteriormente mencionadas. El funcionamiento de los ejemplares MQ es por medio de un calentador que permite incrementar la temperatura del sensor, permitiendo así que los materiales sean mucho más sensibles a la hora de hacer contacto con el material, conociendo el funcionamiento del sensor, analizamos como por medio del sulfuro de hidrogeno.

12.1.3 Pruebas operación SIM808 GSM GPRS.

Iniciando con la conexión física de las tarjetas, Arduino Mega2560 y Sim808 GSM. Se realiza la visualización mediante el panel de Serial de la plataforma Arduino, con la cual se procede a validar la garantía de la conexión y la posibilidad de transmisión de información. (Ver Figura 47).

```

AT
OK
AT+CREG?
+CREG: 0,1
OK
AT+CIFSR
10.137.230.161

```

Figura 54 Prueba Sim808 GSM GPRS.

La comprobación se realiza mediante la secuencia de comandos AT mostrada y correcta, cumpliendo plan de pruebas.

Tabla 21 Sim808 GSM GPRS en ambiente de pruebas				
No. Requerimiento	Descripción del proceso	Observaciones	Modulo	Aprobado/No Aprobado
1	El módulo recibe la información	El módulo tarda aproximadamente 0,5s en recibir la información del sistema	Sim808 GSM	Aprobado
2	El módulo transforma la información	El módulo convierte toda la información en datos universales.	Sim808 GSM	Aprobado
3	El módulo envía la información	El módulo encapsula y envía la información a un servidor local.	Sim808 GSM	Aprobado

12.1.4 Prueba de funcionamiento Anemómetro SKU: SEN0170.

Teniendo correctamente configurado el anemómetro se procede a la visualización mediante el panel de Serial de la plataforma Arduino. Para la prueba se deben tener en cuenta los parámetros de conversión programados (Figura 45) por el fabricante y determinar así la velocidad del viento mediante la siguiente ecuación.

$$\text{Velocidad del viento} = \text{Voltaje} * 6$$

Tabla 22 Conversión	
Velocidad del viento (m/s)	Voltaje
1	0,17
2	0,33
3	0,5
4	0,67
5	0,83
6	1
7	1,17
8	1,33
9	1,5
10	1,67
11	1,83
12	2
13	2,17
14	2,33
15	2,5
16	2,67
17	2,83
18	3
19	3,17
20	3,33
21	3,6
22	3,67
23	3,83
24	4
25	4,17
26	4,33
27	4,5
28	4,6
29	4,83
30	5

Complemento conversión		
Velocidad en m/s	Velocidad en km/h	Término meteorológico
1 m/s	3.6 km/h	Brisa suave
16 m/s	57.6 km/h	Viento fuerte
30 m/s	108 km/h	Tormenta

12.2 Pruebas de subsistemas

12.2.1 Unidad central de procesamiento.

La correcta activación y operación del conjunto de componentes cumple con las funciones requeridas y la búsqueda de conversión de datos.

12.2.1.1 Pruebas del sistema de transferencia de datos.

En este paso, se realizaron las pruebas específicas con el módulo Sim808 GSM GPRS, en donde se establecieron los diferentes paso a paso que tiene que seguir la información para que llegue a la red. (Ver Tabla 21).

12.2.2 Subsistema de visualización.

Se procede a realizar la instalación de código (Figura 48) para calibrar el módulo de comunicación.

```

SIM900
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial SIM900(7, 8); //Seleccionamos los pines 7 como Rx y 8 como Tx

void setup()
{
  SIM900.begin(19200);
  Serial.begin(19200);
  delay(1000);
}

void loop()
{
  //Enviamos y recibimos datos
  if (Serial.available() > 0)
  SIM900.write(Serial.read());
  if (SIM900.available() > 0)
  Serial.write(SIM900.read());
}

```

Figura 55 Calibración módulo de comunicación SIN ERRORES.

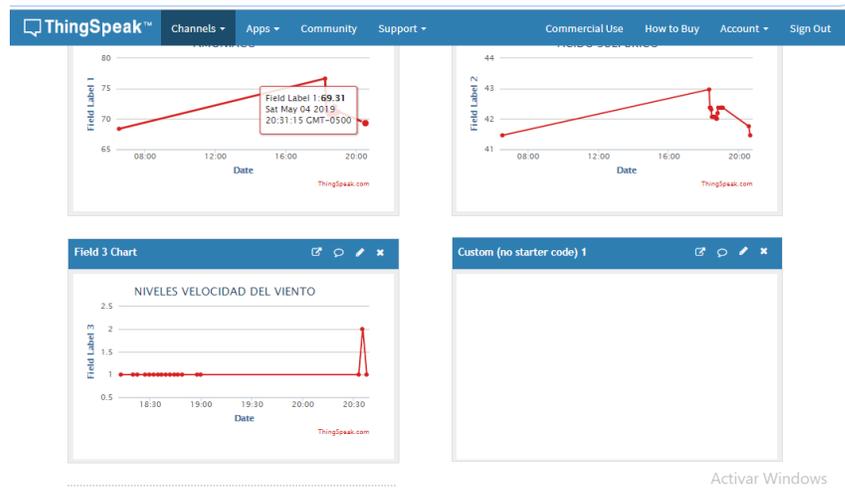


Figura 56 Visualización en tiempo real (Ambiente de pruebas)

13. AJUSTES

Se realizaron ajustes de diseño en cuanto a la plataforma del mástil que soporta el sistema, ya que a partir de la investigación y documentación previa realizada en el estado del arte y a lo largo de todo el documento, se evidencio que este mecanismo debía ser implementado para posicionarse en una altura determinada, además de poder realizar mediciones a diferentes alturas con diferentes resultados en puntos de interés. El sistema por el momento garantiza mayor estabilidad al momento de la toma datos y todo el proceso de envío de los mismos.



Figura 57 Ajuste de mástil en sitio de implementación

Como se aprecia en la Figura 50, se modificaron algunas piezas del sistema con el fin de ajustar la toma de datos con el fin de proporcionar una mayor cantidad de datos al servidor local.



Figura 58 Ajuste de componentes en caja Nema

Se ajustó la caja Nema con el fin de evitar que las variables climáticas afecten directamente al sistema, debido a que en el sitio se presentan climas de bastante lluvia y neblina.

Se realiza ajuste en la salida de los anemómetros debido a que se presentaron varios problemas al momento de tomar la señal análoga, esto debido a que el viento en sitio de implementación es muy fuerte. El prototipo presentaba fallos en muestreo por la ubicación. De esta forma se asegura en la parte superior del contenedor. Ver pruebas de Anemómetro.



Figura 59 Ajuste de conexiones físicas y montaje.

14. PRUEBAS DEL SISTEMA

Las pruebas del sistema se manejaron en dos secciones, la fase casera y la fase en sitio de implementación, donde en cada una por obvias razones nos mostraban resultados diferentes, debido a que los elementos contaminantes en sitio eran muchos más altos que con las pruebas realizadas externamente.

En las siguientes pruebas se puede evidenciar como los sensores de gas nos facilitan las mediciones de concentración de los elementos contaminantes en el medio ambiente, una de las principales funciones de estos sensores es que puede medir hasta 4 concentraciones de gas en diferentes ambientes, por ejemplo:



Figura 60 Sistema de sensores posicionados.

Teniendo correctamente calibrado el sistema de sensores (Figura 59), se puede validar e iniciar la operación de nuestro de material particulado.

Formato de pruebas realizadas

En el siguiente registro de pruebas se verifica el correcto funcionamiento del sistema desglosado componente a componente. Es importante destacar que este registro se desarrolló con los datos obtenidos en las pruebas de campo directamente en Guayabal de Siquima.

Tabla 23 Formato de pruebas							
Elemento/ Ítem	Tipo de prueba	Hardware/ Software	Descripción	Resultado	Aprobado	Observaciones	Responsables
Atmega 2560	Verificación en sitio de funcionamiento y operación de puertos analógicos y digitales de la placa y procesador Atmega2560. Revisión de LED's testigos.	Hardware / Software	Se realiza la instalación de un código básico para validar correcta operación del microcontrolador para luego compilar y subir el software(código) para iniciar la toma de datos.	El programa realizado funciona correctamente y cumple con lo solicitado.	SI		Jeisson Méndez/Daniel Ramírez/Oscar Hernández
Sensor MQ137	Verificación en sitio de funcionamiento y operación mediante Panel Serial	Hardware / Software	Se debe comprobar la conectividad del sensor individualmente para verificar funcionamiento.	Conexión y operación exitosa.	SI		Jeisson Méndez/Daniel Ramírez/Oscar Hernández
Sensor MQ136	Verificación en sitio de funcionamiento y operación mediante Panel Serial	Hardware / Software	Se debe comprobar la conectividad del sensor individualmente para verificar funcionamiento.	Conexión y operación exitosa.	SI		Jeisson Méndez/Daniel Ramírez/Oscar Hernández
Módulo GSM SIM808	Verificación en sitio de funcionamiento y operación conexión a red	Hardware / Software	Se deben revisar los led's testigos y mediante panel serial verificar "OK CONNECTED"	Conexión y operación exitosa.	SI		Jeisson Méndez/Daniel Ramírez/Oscar Hernández

Fuente de alimentación	Verificación en sitio de funcionamiento y operación mediante LED encendido e inicio de los demás componentes	Hardware / Software	Se debe revisar la entrada de voltaje a la fuente regulada variable y de igual forma su salida. Comprobando los valores entregados por el fabricante de operación del resto de componentes del sistema	Mediciones de voltaje y corriente requeridas por fabricante.	SI	Validar al momento de instalar la caja de componentes NO variar la posición del potenciómetro(Resistencia) . Se puede afectar la operación del Arduino.	Jeisson Méndez/Daniel Ramírez/Oscar Hernández
Mástil	Verificación de estabilidad y seguridad del montaje	Hardware	Se debe comprobar que el montaje esté nivelado, los tornillos de cada fase modular bien apretados, las varillas de base bien enterradas, las cuerdas de tensión correctamente amarradas.	Montaje estable.	SI		Jeisson Méndez/Daniel Ramírez/Oscar Hernández
Muestreo de datos	Verificación inicial mediante Panel Serial y continuando desde Internet.	Hardware / Software	Anterior y posteriormente de subir el sistema a la altura requerida validar mediante panel serial y luego desde Internet el funcionamiento de cada componente (anemómetro y Sensórica)	Muestreo(ploteo) de datos correcto	SI		Jeisson Méndez/Daniel Ramírez/Oscar Hernández
Actualización web	Visualización de puntos y datos de cada variable requerida.	Software	Realizar conexión a la url asignada y validar funcionamiento y muestra de datos.	Muestreo(ploteo) de datos correcto	SI		Jeisson Méndez/Daniel Ramírez/Oscar Hernández
Funcionamiento móvil	Visualización de puntos y datos de cada variable requerida en teléfono celular.	Software	Realizar conexión a la url asignada y validar funcionamiento y muestra de datos.	Muestreo(ploteo) de datos correcto	SI		Jeisson Méndez/Daniel Ramírez/Oscar Hernández

Exportación de datos a Excel.	Verificación de visualización de datos en Excel.	Software	Desde el portal web verificar la opción de exportación para archivos .csv y/o .xls.	Exportación de datos correcta.	SI		Jeisson Méndez/Daniel Ramírez/Oscar Hernández
-------------------------------	--	----------	---	--------------------------------	----	--	---

15. MANUALES

Para la operación de un Sistema de Medición de la Calidad del Aire y principalmente del prototipo individual es necesario conocer las diferentes implicaciones, aplicaciones y actividades que garanticen la correcta medición; la adecuada adquisición, procesamiento y almacenamiento de los diversos agentes, material particulado y parámetros meteorológicos tenidos en cuenta como datos generados para este estudio. En este manual se refieren cada uno de los pasos de instalación, adecuación y mantenimiento que se deben llevar a cabo para garantizar la operación del prototipo.

La seguridad debe considerarse un tema importante de cualquier instalación. La toma de precauciones antes del inicio de una instalación minimiza los posibles accidentes e incluso preservar la vida del ser humano. De igual forma los implementos, herramientas y componentes con que se realizará el montaje ya sea de mástil o cualquier estructura se debe realizar con precaución. Con respecto al procesamiento, almacenamiento y demás es importante que se tengan ciertas restricciones, estas se pueden comprobar mediante lectura de especificaciones técnicas de los componentes suministrados por los fabricantes; principalmente relacionando la alimentación y operación, que debe ser tomada en cuenta al momento de iniciar la instalación.

15.1 Manual de usuario.

Ver Anexo 1, Manual de usuario. [24]

15.2 Manual de mantenimiento.

Ver Anexo 1, Manual de mantenimiento.

16 RESULTADOS

En el siguiente capítulo se describirán las evidencias que se tuvieron a lo largo del proyecto para su respectivo análisis permitiendo contemplar cuales son los parámetros a requerimientos necesarios para un correcto funcionamiento de la estación meteorológica. Se expondrán fotografías de recolección de datos de los diferentes sensores con su respectivo error de medición, los valores en porcentajes de la cantidad de elementos contaminantes que existieron en las diferentes mediciones que se realizaron y la comparación de esta, con las simulaciones.

El primer valor a tener en cuenta es el Amoniaco, a partir de esto (Figura 61), se identifica mediante el cursor, la hora y fecha, el Greenwich Mean Time (Tiempo Universal Coordinado) y la etiqueta de campo con el valor procesado del material particulado, brindando un dato universal y conocido, además de la representación gráfica de ppm con respecto al tiempo. Este dato complementado con el resto de los muestreos será el que se entrega al Ingeniero Ambiental para que inicie su respectivo análisis y estudio para la generación del mapa de dispersión de olores.

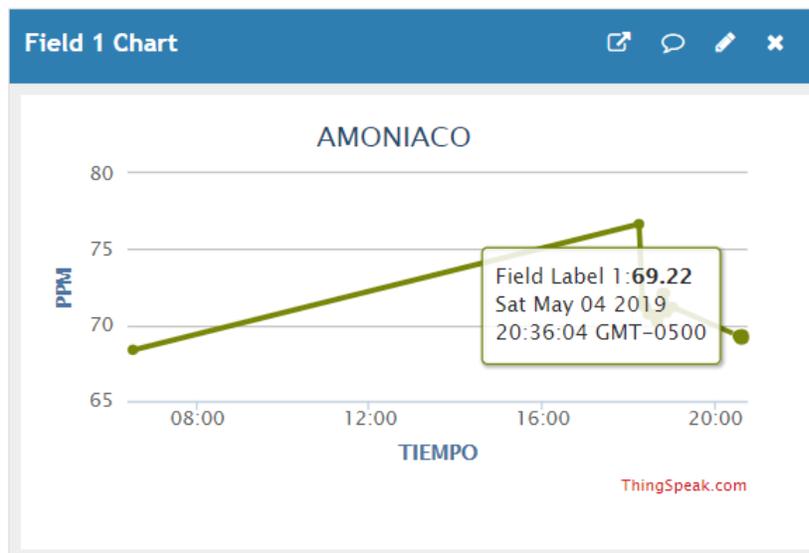


Figura 61 Concentraciones de amoniaco registradas en la red.

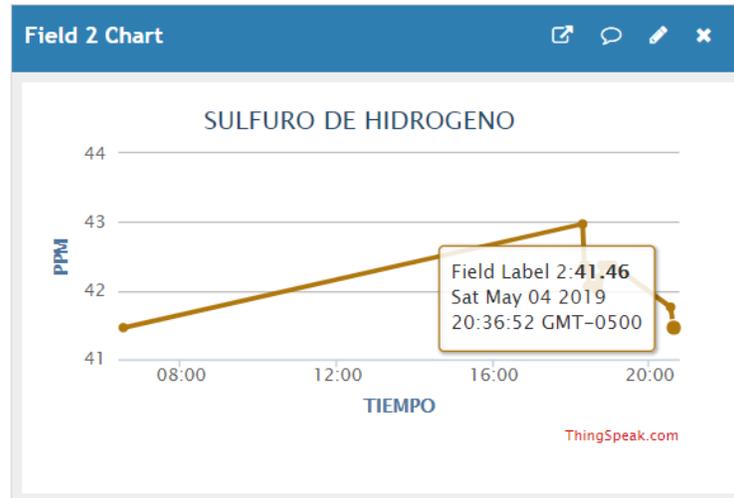


Figura 62 Concentraciones de Sulfuro de Hidrógeno publicadas en la red.

De igual forma para el Sulfuro de Hidrógeno, se identifica mediante el cursor, la hora y fecha, el Greenwich Mean Time (Tiempo Universal Coordinado) y la etiqueta de campo con el valor procesado del material particulado, brindando un dato universal y conocido, además de la representación gráfica de ppm con respecto al tiempo. (Figura 62)

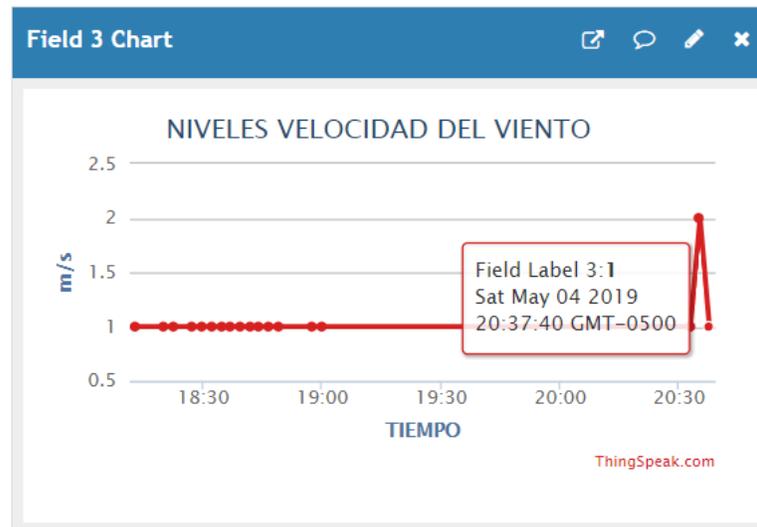


Figura 63 Niveles de velocidad del viento.

En el caso de la velocidad del viento, se identifica mediante el cursor, la hora y fecha, el Greenwich Mean Time (Tiempo Universal Coordinado) y la etiqueta de campo con el valor procesado del material particulado, brindando un dato del que está completo la tabla de conversión, de esta forma se determinan 0.17 m/s para la evidencia (Figura 63).

Para el desarrollo e inicio analítico de los datos localmente, a través de la plataforma se puede exportar un archivo con extensión (.xml o .csv) con la totalidad de los datos

o únicamente el material particulado que se requiera analizar (Figura 64), (adicionalmente ver Anexo Manuales Manual usuario, medición y conexión) compatibles con una hoja de Cálculo de Microsoft Office. (Figura 65).



Figura 64 Ventana para selección de archivos para exportar.

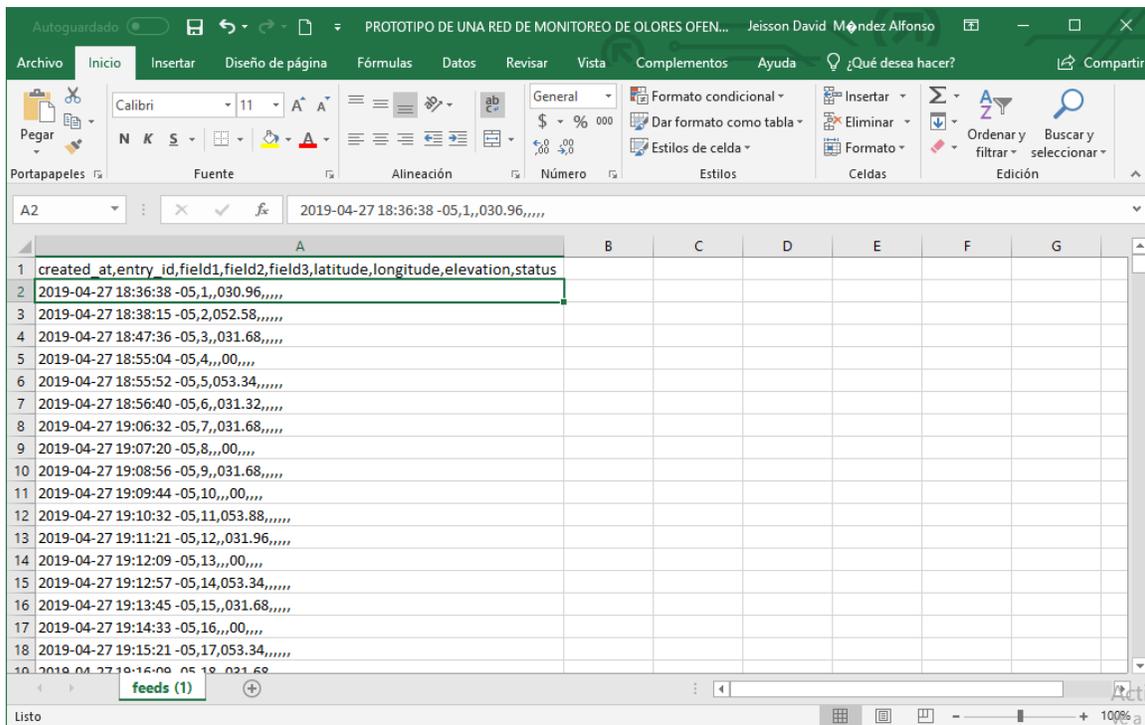


Figura 65 Archivo exportado a equipo local

Con relación a la estructura física, el mástil y los contenedores de seguridad no se evidenció ningún tipo de falla. La estructura se encuentra en perfectas condiciones de soporte, ubicación y seguridad.



Figura 66 Montaje de instalación.

17. DISCUSIÓN

A lo largo del desarrollo del sistema de calidad de aire en Guayabal De Síquima, se generaron varios problemas en la integración de subsistemas, concretamente en el subsistema de control y el subsistema del envío de datos, aunque en las pruebas realizadas individualmente a cada subsistema se encontraron los resultados esperados; por ejemplo al probar el subsistema de control se evidencio mediante las mediciones realizadas que el problema manifestó errores desde la programación y las diferentes librerías para los sensores MQ, que son importados y tienen unas librerías un poco tediosas de adquirir. Por otro lado, al ejecutar pruebas en la recolección y el envío de datos, se obtiene un accionamiento manual inicialmente y gracias a esto se tuvo que modelar todo el diseño otra vez, para poder automatizar el sistema con el fin de hacer el proceso de recolección y envío de datos de forma automática y efectiva. Por último, al realizar pruebas al equipo una vez implementado el ajuste para obtener la altura adecuada, se comportó óptimamente alcanzando a medir valores con un detalle más avanzado, alcanzando valores similares que en las simulaciones.

Aunque todas estas pruebas se comportaron según lo esperado el problema se evidencio al realizar la integración para generar el sistema global que sería el encargado de automatizar todo el proceso, el módulo de comunicación por software, que se comunica con un satélite, mantiene la comunicación automáticamente y si pierde comunicación el sistema se activa automáticamente. La utilización de este equipo se asignó debido a su bajo costo respecto a otros en el mercado con diferente y mejor tipo de tecnología en su inicio.

Para poder atacar el problema y darle solución se elaboraron una serie de consultas evidenciadas, las que permitieron generar una etapa de ajustes y mejoras; en cada etapa del desarrollo formando un conjunto con todo lo necesario para que el objetivo principal se llevase a cabo, por ejemplo, para toda la instalación del sistema a cierta altura fue necesario indagar en manuales de instalación, normas técnicas de instalaciones eléctricas, códigos de instalación autorizados, calibres necesarios para realizar el cableado, fabricantes, artículos, revistas, publicaciones, tipos de protecciones con el fin de recopilar un gran conocimiento y un repositorio para basarnos en las acciones que se vieron ejecutadas a lo largo del proyecto, ayudando a reducir los márgenes de error y mejorar el sistema en general. Por otro lado, siguiendo la metodología de investigación se pudo solucionar los problemas que planteamos en la discusión.

Al momento de conectar el sistema a la toma de 110V en Guayabal de Siquima, se evidenciaron unos problemas debido al voltaje que se maneja en el sitio, dado que este voltaje supera en ciertas ocasiones los 140V, y este desfase se tiene que calcular nuevamente para que el regulador pueda trabajar con este voltaje y poder alimentar el sistema de forma efectiva, es por esto que una vez estando en sitio se tuvo que volver a desmontar todo el sistema para corregir estos errores con el fin de que el sistema funcionara de la manera más óptima.

18. CONCLUSIONES

Para el desarrollo, del prototipo de medición y monitoreo de calidad del aire se acoge la metodología brindada por la Universidad El Bosque para el correcto logro de la investigación, diseño e implementación, permitiendo llegar a un producto consistente y con cumplimiento de las normas y especificaciones técnicas establecidas en los distintos momentos de producción, instalación y pruebas de funcionamiento. Además de poseer innovación y actualidad referente a integración tecnológica.

El análisis de los datos de calidad del aire en conjunto con la información meteorológica va a permitir establecer que la velocidad del viento es el parámetro más influyente (por encima de la intensidad de precipitación) en los niveles de contaminación por material particulado percibido en el municipio de Guayabal de Siquima.

Al obtener unos resultados y los registros pertinentes de la red de monitoreo de la calidad del aire en el municipio de Guayabal de Siquima, se establece un registro permanente y concreto que será de gran utilidad para que las autoridades ambientales (CAR, UMATA) para poder tomar medidas y ejecutar acciones pertinentes al control y monitoreo de los olores ofensivos de este municipio.

Para el desarrollo de los Manuales se realizó la toma de evidencias justo en el momento de la implementación, todo esto con el fin de lograr la explicación correctamente detallada del paso a paso de la operación y mantenimiento de un prototipo Red de Monitoreo de Calidad del Aire.

Para la determinación de la dirección del viento se debe implementar un algoritmo matemático con el cálculo y la inclusión de funciones trigonométricas, de modo que para continuar el complemento y la innovación de este prototipo se pueden basar en los datos procesados y generar así el dato concreto de la dirección del viento.

19. REFERENCIAS DOCUMENTALES

- [1] Alcaldía de Guayanbal de Siquima, [En línea]. Available: <http://www.guayabaldesiquima-cundinamarca.gov.co/>. [Último acceso: 01 05 2018].
- [2] ISSN, Scientia et Technica Año, UTP. ISSN 0122-1701, 2010.
- [3] G. c. d. México. [En línea]. Available: <http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc=%27ZaBhnmI=%2>. [Último acceso: 28 03 2018].
- [4] El tiempo, La pequeña gran mentira de la contaminación en Bogotá, Bogotá: ElTiempo, 2016.
- [5] N. Y. Rojas, Calidad del aire: entre metas mediocres y programas insuficientes, Bogotá: El tiempo, 2017.
- [6] IDEAM, Contaminación atmosférica, Guayabal De Siquima: IDEAM, 2015.
- [7] A. E. C. Lara, Prototipo para visualizar la contaminación en el aire de Bogotá, Bogotá: Universidad Javeriana, 2012.
- [8] Alcaldía Mayor de Bogotá, [En línea]. Available: <http://ambientebogota.gov.co/red-de-calidad-del-aire>. [Último acceso: 7 03 2018].
- [9] Econoticias, estaciones de medición de calidad del aire, Valencia: Econoticias, 2014.
- [10] «Digikey,» [En línea]. Available: <https://www.digikey.bg/product-detail/en/city-technology/75-036403430659/1933-1001-ND/8619727>. [Último acceso: 02 08 2018].
- [11] «PCE,» [En línea]. Available: https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/detector-de-gas-aeroqual-sensor-amon_aco-nh3-aq-nh-det_516995.htm. [Último acceso: 02 08 2018].
- [12] «DigiKey,» [En línea]. Available: <https://www.digikey.com/product-detail/es/spec-sensors-llc/110-304/1684-1010-ND/6136373>. [Último acceso: 02 08 2018].
- [13] «DigiKey,» [En línea]. Available: <https://www.digikey.com/product-detail/en/littelfuse-inc/HE722A1210/HE109-ND/133210>. [Último acceso: 02 08 2018].
- [14] «I+D Electrónica,» [En línea]. Available: <https://www.didacticaselectronicas.com/index.php/sensores/sensor-gas-hidr%C3%B3geno-mq136-sulfuro-de-hidr%C3%B3geno-hidrogeno-sen-hidrogeno-mq-136-mq-136-detail>. [Último acceso: 01 09 2018].
- [15] «Jaycon Systems,» [En línea]. Available: <https://jayconsystems.com/blog/understanding-a-gas-sensor>. [Último acceso: 25 02 2019].

- [16] «Microchip,» [En línea]. Available: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/atmega2560>. [Último acceso: 04 02 2019].
- [17] «Electronilab,» [En línea]. Available: <https://electronilab.co/tienda/modulo-celular-gsm-gprs-gps-sim-808/>. [Último acceso: 10 02 2019].
- [18] «Prometec,» [En línea]. Available: <https://www.prometec.net/esp8266/>. [Último acceso: 25 03 2019].
- [19] «Características,» [En línea]. Available: <https://www.caracteristicas.co/aluminio/>. [Último acceso: 15 11 2018].
- [20] Cronos, «CRONOS SOLUCIONES DE INTEGRACIÓN,» [En línea]. Available: <http://www.perfilaluminioestructural.com/productos/perfiles/big-projects-2/>. [Último acceso: 10 10 2018].
- [21] «Quiminet.com,» [En línea]. Available: <https://www.quiminet.com/articulos/acrilonitrilo-butadieno-estireno-abs-descripcion-propiedades-y-aplicaciones-4433.htm>. [Último acceso: 2019 04 05].
- [22] «LUIS LLAMAS,» [En línea]. Available: <https://www.luisllamas.es/arduino-detector-gas-mq/>. [Último acceso: 7 09 2018].
- [23] DF Robot, «DFROBOT DRIVE THE FUTURE,» [En línea]. Available: <https://www.dfrobot.com/product-1114.html>. [Último acceso: 23 07 2018].
- [24] Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible, [En línea]. Available: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/contaminacion_atmosferica/Protocolo_Calidad_del_Aire_-_Manual_Operaci%C3%B3n.pdf. [Último acceso: 22 03 2019].
- [25] Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, «Fondo Nacional Avícola fenavi,» 03 03 2018. [En línea]. Available: <https://fenavi.org/wp-content/uploads/2018/05/Resolucion-1541-de-2013-LOLORES-1.pdf>.
- [26] Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, «Fondo Nacional Avícola,» 15 01 2013. [En línea]. Available: <https://fenavi.org/wp-content/uploads/2018/05/Resolucion-1541-de-2013-LOLORES-1.pdf>. [Último acceso: 03 03 2018].
- [27] «PCE,» [En línea]. Available: https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/detector-de-gas-aeroqual-sensor-amon_aco-nh3-aq-nh-det_516995.htm. [Último acceso: 02 08 2018].

20. ANEXOS

Anexo 1.

Manual de usuario.

El siguiente manual tiene como objetivo describir paso a paso la instalación del conjunto de prototipos para el monitoreo de olores ofensivos que afectan la calidad del aire. Para la realización del manual se efectuó una búsqueda constante de Manuales de instalación de Sistemas de Medición de Calidad del aire (SMCA), además de las recomendaciones necesarias para la correcta medición, conversión, muestro y operación en general de prototipos y sistemas industriales actuales de medición para material particulado. La operación de estos sistemas implica variedad de tareas y actividades que deben realizarse por personal capacitado y que garantice la correcta medición de parámetros meteorológicos, contaminantes atmosféricos. Mediante este manual se documentarán todas a actividades de instalación, operación, mantenimiento y calibración que deben implementarse para garantizar la adquisición de datos representativos, confiables y completos.

Inicialmente se debe realizar la instalación y el montaje del mástil soporte de todo nuestro Sistema de Monitoreo dónde se alojarán los componentes tanto de la parte de Sensórica como de procesamiento y, localización.

Herramientas de mano para instalación.



Figura 67 Herramientas de mano para instalación.

Instalación del mástil.

1. Busque un lugar amplio, compacto y libre de vegetación, cosas o algún obstáculo que interfiera.
2. El mástil debe ubicarse en un lugar seguro dónde no pueda presentar algún riesgo de robo, manipulación o caída.
3. La estructura y montaje del mástil con su tornillería es fabricado con material durable y anticorrosivo. Se utiliza aluminio y tornillería de acero inoxidable y resistente a la intemperie.
4. Valide que los componentes anteriormente estén completos, (bases, parales, tubos de elongación, tornillería y cuerdas de tensión).



Figura 68 Componentes fases modulares.

5. Valide que la base quede nivelada para iniciar la instalación.



Figura 69 Base Nivelada.

6. Atornille fuerte y compacto el eje y paral central del mástil.



Figura 70 Eje central compacto.

7. A continuación, atornille las barras inclinadas de soporte para el eje central.



Figura 71 Ejes laterales compactos.

8. Valide que la estructura quede completamente atornillada y fijada en el suelo con las varillas de la base.



Figura 72 Base asegurada

9. Valide que su estructura quede completamente armada.



Figura 73 Base, ejes laterales y base compacta y asegurada

Instalación estructura de empalme entre mástil y caja de componentes.

1. Tenga en cuenta que la elongación del mástil modular es casi de 7m de altura. Antes de ensamblar este último asegúrese de que quede compacta la caja donde se alojan los componentes.



Figura 74 Ensamble inicial.

2. Asegure el anemómetro en la parte superior de la estructura antes mencionada.



Figura 75 Ensamble de Anemómetro

Instalación de caja y componentes electrónicos.

1. Busque un lugar amplio, compacto y libre de vegetación, casas o algún obstáculo que interfiera. Además de contar con acceso a servicio de energía (toma de corriente).
2. El mástil con el ensamble de la estructura y la caja debe ubicarse en un lugar seguro dónde no pueda presentar algún riesgo de robo, manipulación o caída.

3. El montaje del mástil, la caja y la estructura en general es fabricada con material durable y anticorrosivo.
4. Valide las conexiones electrónicas de los diferentes componentes con la siguiente información. Si es posible imprima el plano.

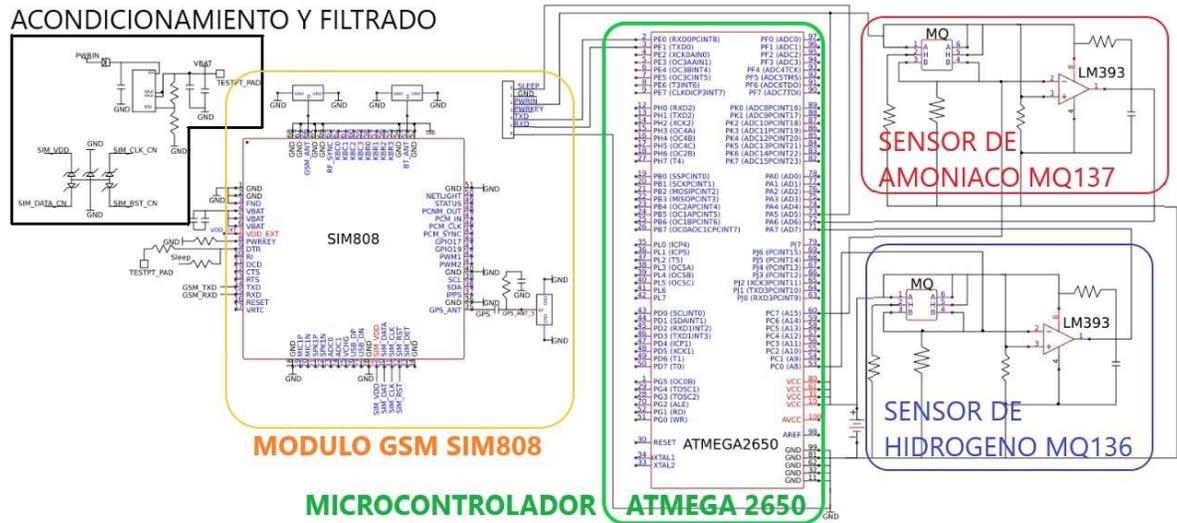


Figura 76 Plano de conexiones.

5. Atornille la caja correctamente a la estructura de alojamiento. TENGA CUIDADO de NO mover la resistencia que se encuentra al lado de la caja. Podría interferir en el funcionamiento del algún componente electrónico del interior.

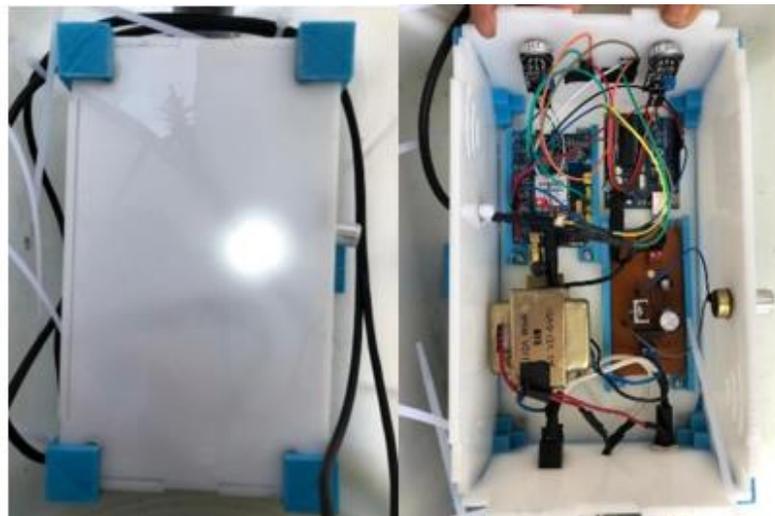


Figura 77 Ensamble de caja a estructura.

6. Revise las características físicas del fusible; así podrá dar inicio al sistema obturando el interruptor. Para cuando el sistema se compacte con el mástil antes

montado deba únicamente conectarlo a la toma de corriente e inicie la operación. De igual forma valide lo posición de los sensores en el otro extremo de la caja.



Figura 78 Revisión antes de ensamble de caja a estructura.

Visualización.

1. Como alternativa de medición didáctica, amigable y certera; revise constantemente la herramienta ThingSpeak, navegando a través de internet mediante "https://thingspeak.com/channels/767503/import_export". Dónde se verá en tiempo real el valor de percepción Sensórica y transformación del Amoníaco, Ácido Sulfúrico y la velocidad del viento.
2. Ingrese a la URL mencionada anteriormente y clickee la opción Sign In.

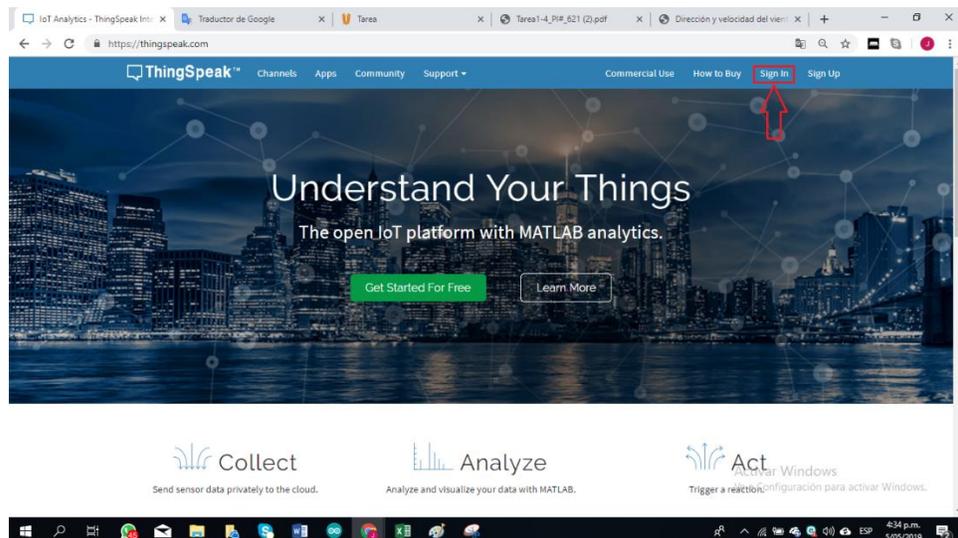


Figura 79 Página de inicio.

3. Si es usuario nuevo, clickee la opción "Sign un for first time".

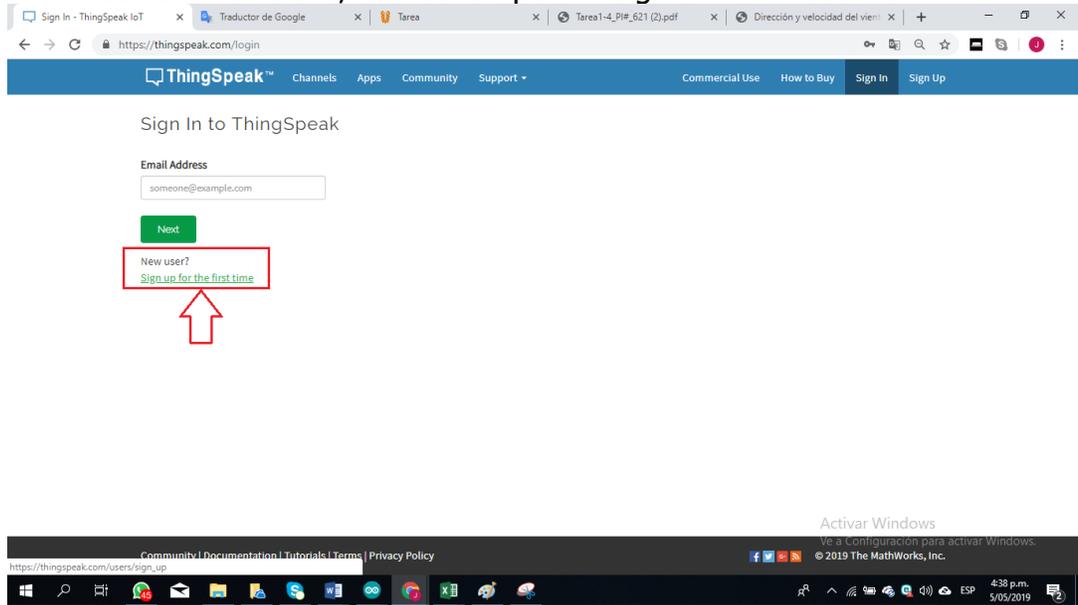


Figura 80 Registro

4. Diligencie el formulario de inscripción solicitado.

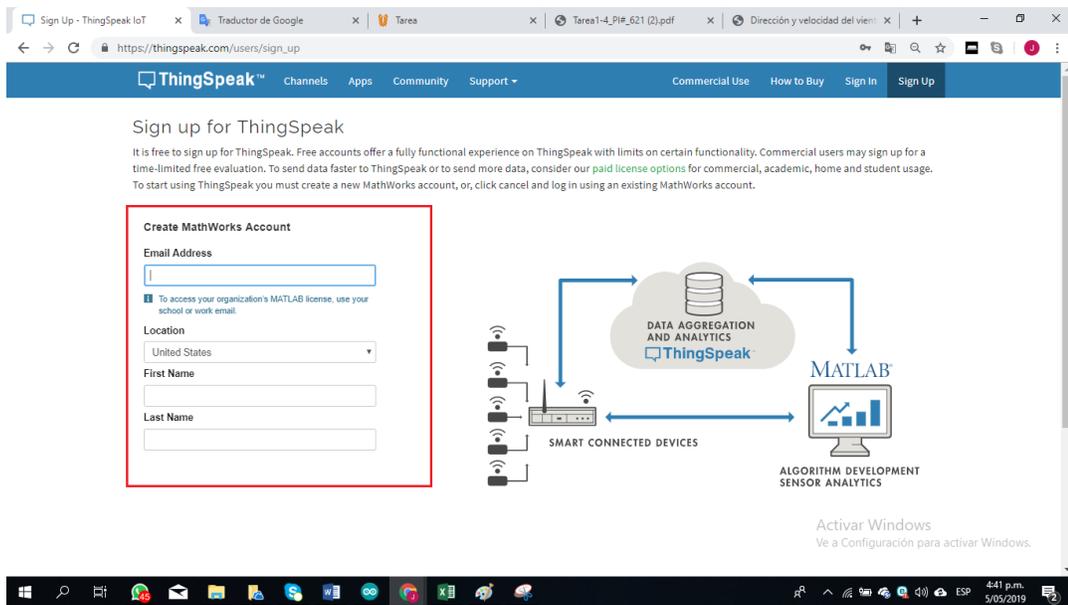


Figura 81 Formulario de inscripción

- Inicie sesion luego de aprobar y diligenciar lo solicitado. Cuando ingrese al Menú de inicio seleccione su Proyecto de consulta.

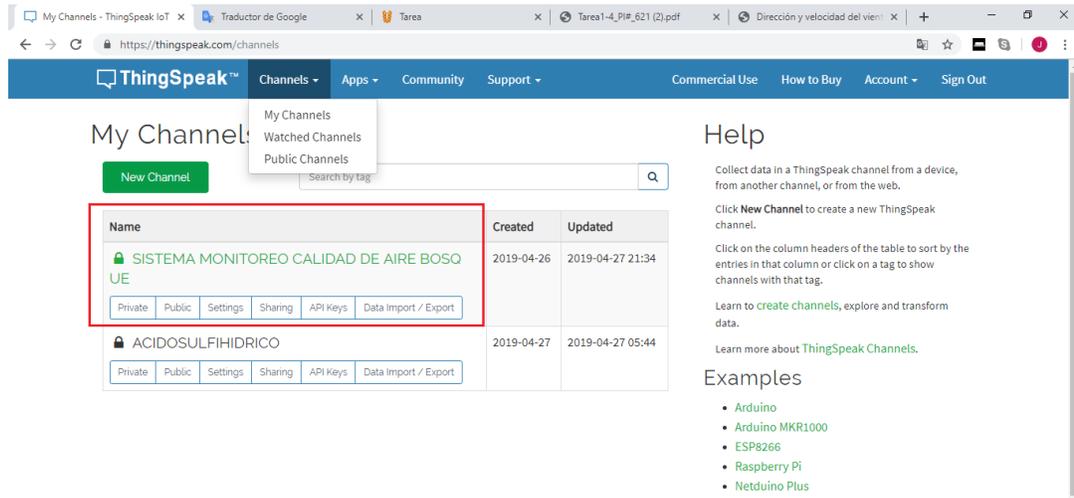


Figura 82 Interfaz de usuario.

- Con el cursor seleccione el punto y el dato del material particulado que desea analizar.

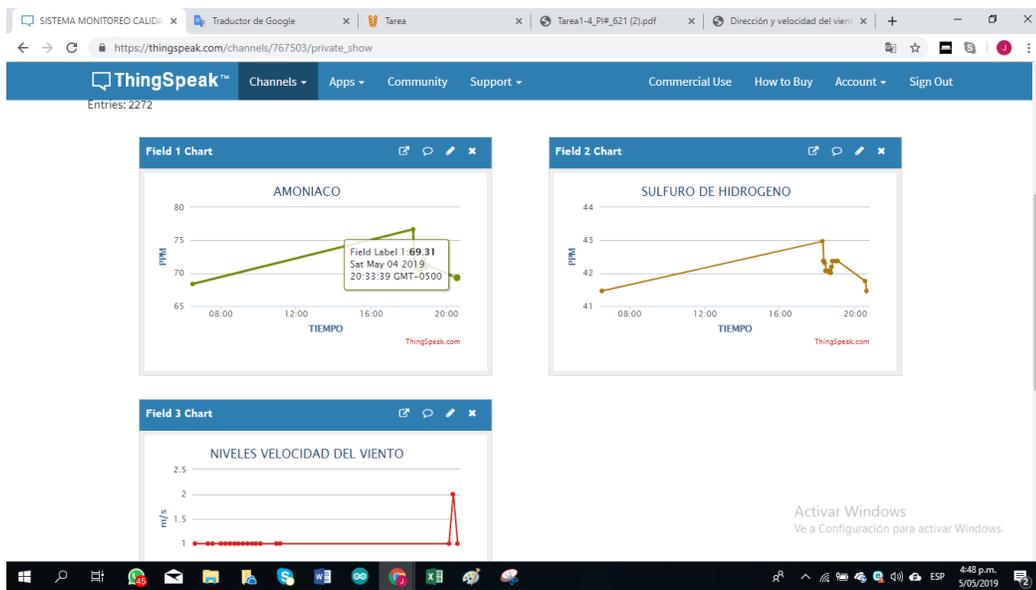


Figura 83 Visualización gráfica de variables.

8. Si lo que requiere es tener los datos en una hoja de Calculo local y tabulada, en la parte superior presione click sobre la pestaña "Export Recent Data"

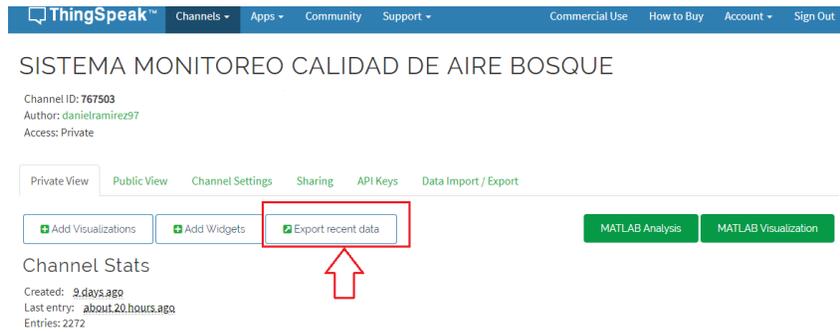


Figura 84. Visualización Export Recent Data.

9. Seleccione el material particulado sobre el que requiere hacer su análisis y descarga local. De ser todas las variables seleccione el Proyecto complete, recuerde que las extensiones .xlm y csv se pueden trabajar en una Hoja de Cálculo de Microsoft Office Excel.

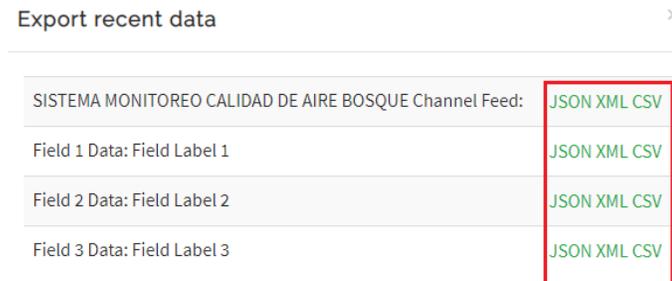
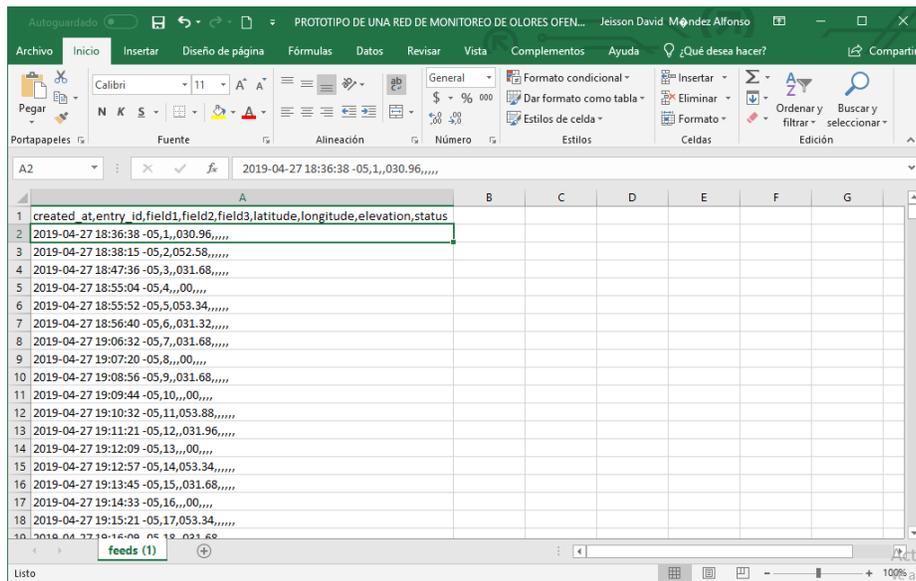


Figura 85. Visualización de variables.

10. Cuando haya finalizado su descarga abra el archive y realice su analisis y estudio requerido localmente.



	A	B	C	D	E	F	G
1	created_at,entry_id,field1,field2,field3,latitude,longitude,elevation,status						
2	2019-04-27 18:36:38 -05,1,,030.96,,,,,						
3	2019-04-27 18:38:15 -05,2,052.58,,,,,						
4	2019-04-27 18:47:36 -05,3,,031.68,,,,,						
5	2019-04-27 18:55:04 -05,4,,00,,,,,						
6	2019-04-27 18:55:52 -05,5,053.34,,,,,						
7	2019-04-27 18:56:40 -05,6,,031.32,,,,,						
8	2019-04-27 19:06:32 -05,7,,031.68,,,,,						
9	2019-04-27 19:07:20 -05,8,,00,,,,,						
10	2019-04-27 19:08:56 -05,9,,031.68,,,,,						
11	2019-04-27 19:09:44 -05,10,,00,,,,,						
12	2019-04-27 19:10:32 -05,11,053.88,,,,,						
13	2019-04-27 19:11:21 -05,12,,031.96,,,,,						
14	2019-04-27 19:12:09 -05,13,,00,,,,,						
15	2019-04-27 19:12:57 -05,14,053.34,,,,,						
16	2019-04-27 19:13:45 -05,15,,031.68,,,,,						
17	2019-04-27 19:14:33 -05,16,,00,,,,,						
18	2019-04-27 19:15:21 -05,17,053.34,,,,,						
19	2019-04-27 19:16:09 -05,18,,031.68,,,,,						

Figura 86. Hoja de Cálculo

Manual de Mantenimiento.

Para el mantenimiento, se realiza la documentación de una serie de acciones que buscan garantizar el funcionamiento y correcta operación del sistema y de prototipos para calidad del aire que se implementaran en este proyecto. Todo esto buscando minimizar los tiempos de pausas y/o trabas en el trabajo, costos asociados y mal funcionamiento producto de esas fallas.

Objetivo.

El manual de Mantenimiento establece una serie de acciones enfocadas en garantizar el funcionamiento, la operatividad y productividad del prototipo como individual y del sistema general de Monitoreo, de forma tal que se minimicen las interferencias en operación y funcionalidad buscando disminuir costos y tiempos de ejecución.

Tipos de mantenimiento.

Mantenimiento correctivo.

Su realización se presenta luego de que ocurra una falla en alguno de sus componentes individuales y que sean críticos para la operación correcta de los prototipos. El objetivo principal es restablecer la operatividad del sistema. En este tipo de mantenimiento se debe iniciar con un diagnóstico de la falla en dónde se logre determinar la causa principal del problema para tomar las medidas adecuadas y buscando evitar que la avería se vuelva a presentar.

Mantenimiento preventivo.

Se busca evitar o mitigar consecuencias que se den por deterioros de algún componente individual, logrando prevenir incidencias en la operación antes de que ocurran. Se permite también la identificación de fallos repetitivos, el aumento de la útil de los componentes y el sistema, la disminución de costo de reparaciones la detección de puntos débiles que se fueron generando luego de la instalación. En general, se ocupan de determinar condiciones operativas, confiabilidad de componentes y durabilidad de correcto funcionamiento.

Mantenimiento predictivo.

Está basada en la determinación del estado de un sistema en operación, teniendo en cuenta que mediante el análisis puede ser tomado como aviso o recomendación de una posible falla futura buscando identificar síntomas para tomar acciones de prevención.

16.2.2 Plan de Mantenimiento preventivo.

Caja Nema y estructura de protección para componentes electrónicos.

Este componente requiere de un mantenimiento periódico donde se garantice limpieza de cada una de las superficies de contacto entre componentes, principalmente sensores y las tarjetas que se encuentran interconectadas en el interior de la caja Nema.

Mantenimiento preventivo de estaciones para la calidad del aire.

Las estaciones de medición requieren de buenas y oportunas prácticas de manejo preventivo, esto debido a que los equipos que las conforman operan gran parte del tiempo en ausencia del personal.

El mantenimiento preventivo se puede definir como la inspección de los equipos, tanto de funcionamiento como de calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica con base en un plan de aseguramiento y control de calidad.

Con un buen mantenimiento preventivo se obtiene experiencia en el diagnóstico de fallas y del tiempo de operación segura del prototipo.

Los PMP (Programa de Mantenimiento Preventivo) deben incluir elementos tales como:

1. Inventario de componentes.
2. Listas de partes en este caso de los componentes que se encuentran dentro de la caja Nema.
3. Frecuencia de inspección / mantenimiento por equipo.
4. Programas de pruebas de calibración individual para los sensores individualmente.
5. Programas de sustitución de componentes.
6. Responsabilidad y suministro de reparación de equipos.
7. Registros mensuales de las actividades de prueba, inspección y mantenimiento.
8. Formatos de verificación y recepción.
9. Registros sobre movimiento o cambio de ubicación de equipos.

Mantenimiento preventivo de la infraestructura

- Pintura de exteriores e interiores (Mástil y estructura de protección)
- Impermeabilización

- Cableado e instalaciones eléctricas y electrónicas.
- Ventilación general.

Mantenimiento preventivo de los equipos de muestreo y monitoreo

Se debe tener en cuenta que tanto los equipos como sus respectivas partes y accesorios tienen una determinada vida útil, la cual puede variar en función de las horas efectivas de operación, las condiciones ambientales de la localidad y la época del año.

Mantenimiento preventivo de los sensores meteorológicos.

El mantenimiento preventivo que se debe dar a los sensores meteorológicos para el caso del prototipo; el anemómetro consiste básicamente en operaciones de limpieza, lubricación y sustitución de partes dañadas que por lo general presentan polvo depositado.

Anexo 2

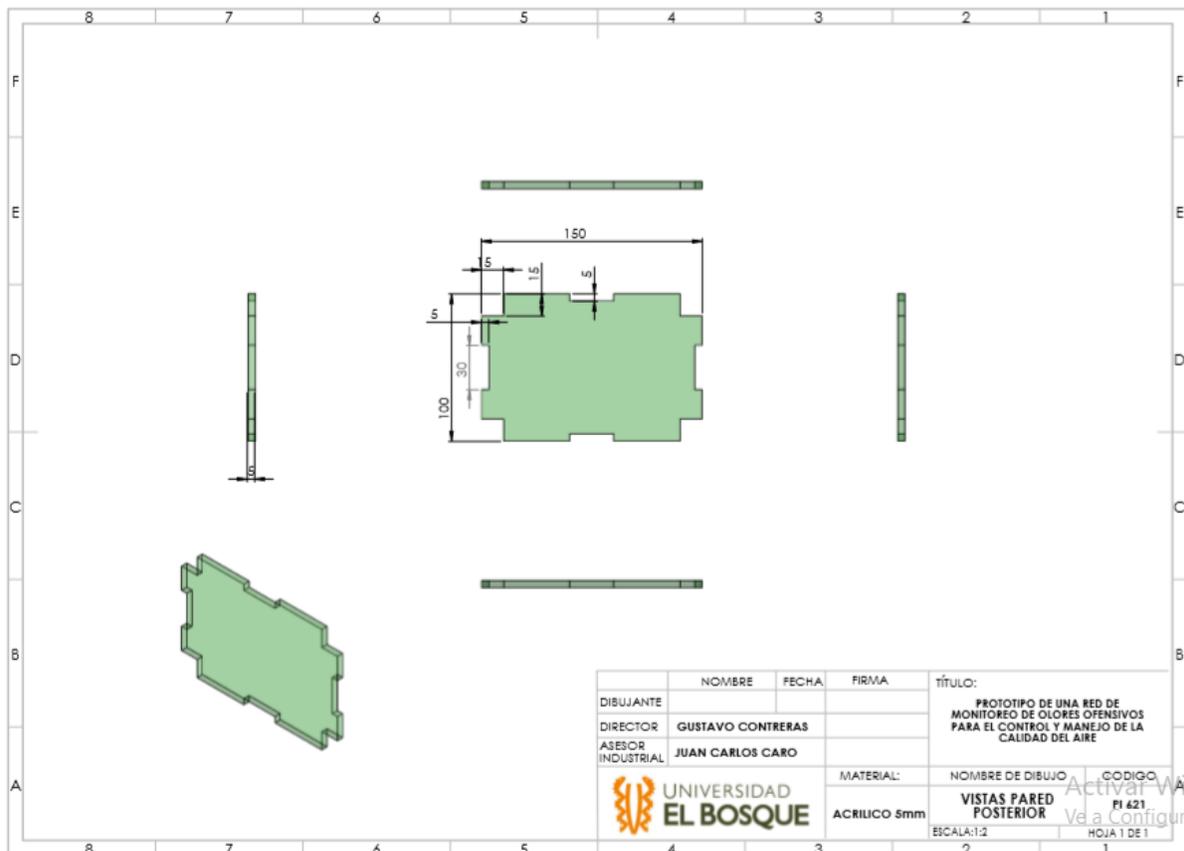


Figura 87. Diseño vista pared posterior

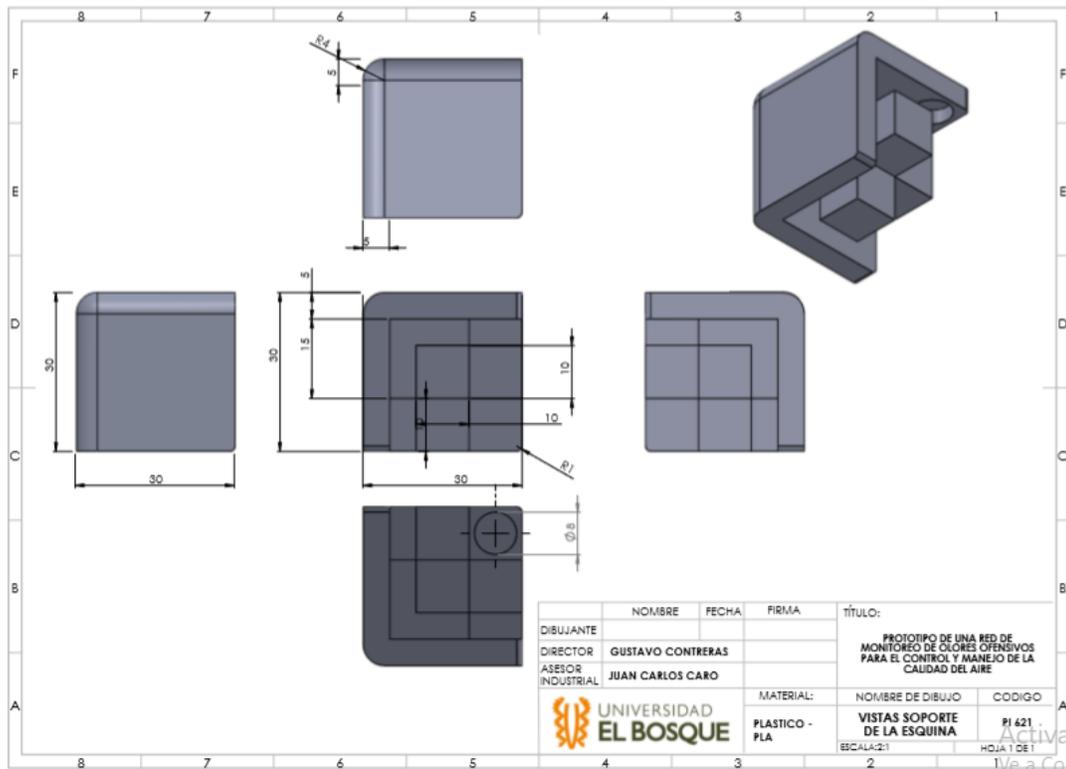


Figura 88. Diseño vista soporte de la esquina

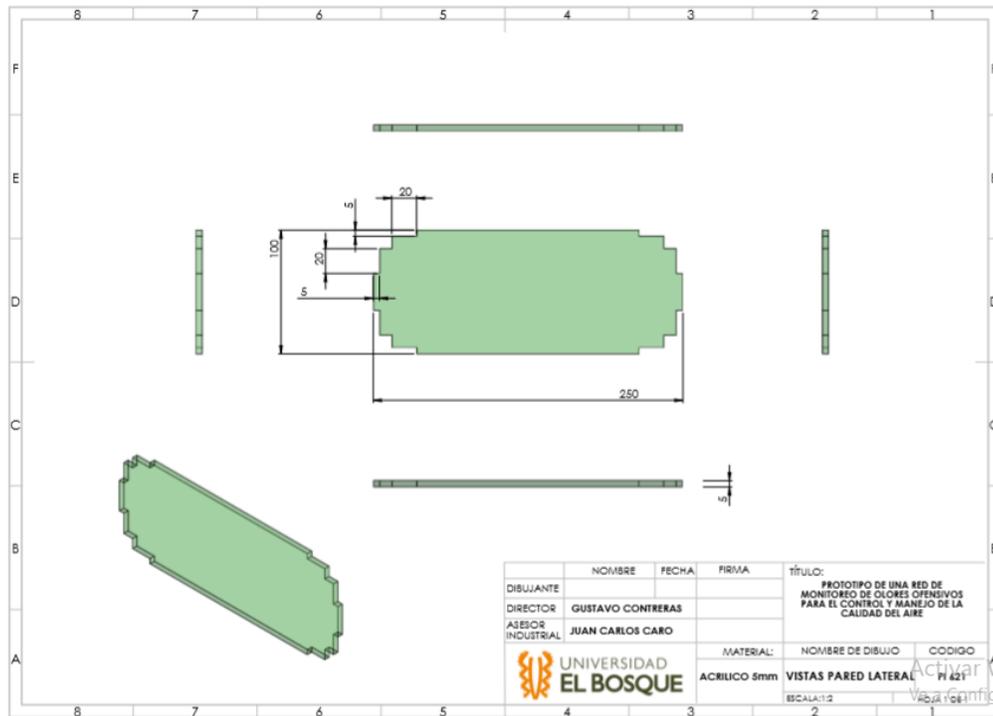


Figura 89. Diseño vista pared lateral

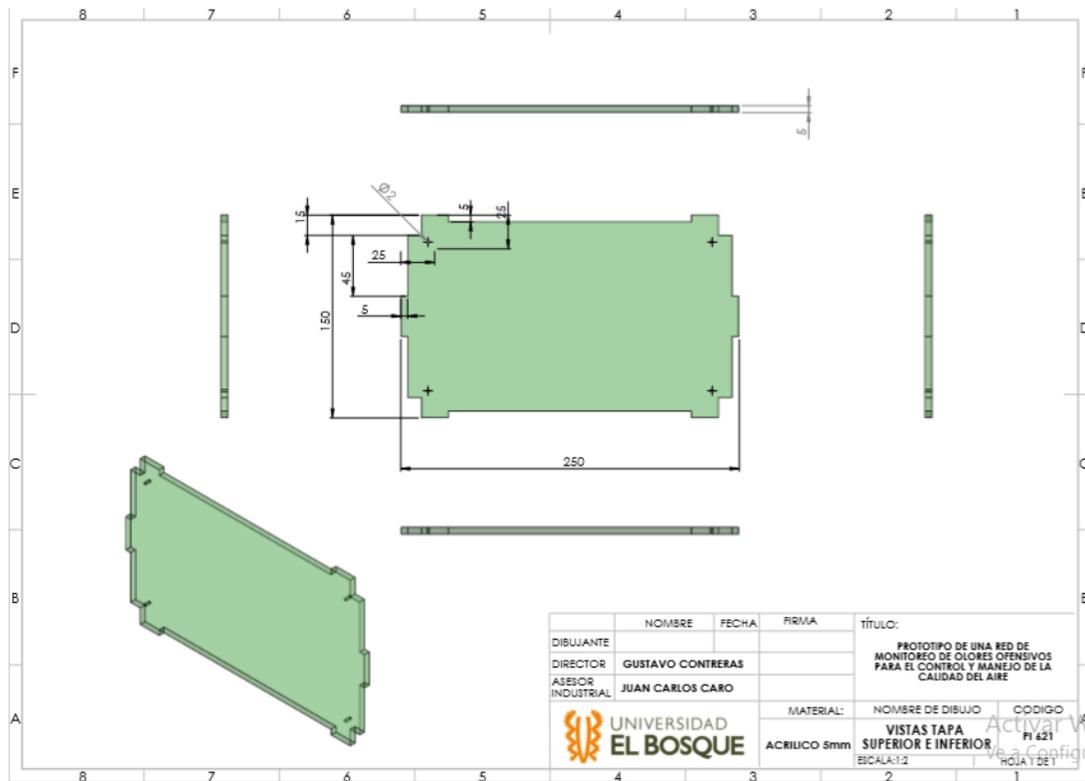


Figura 90. Diseño vista tapa superior e inferior

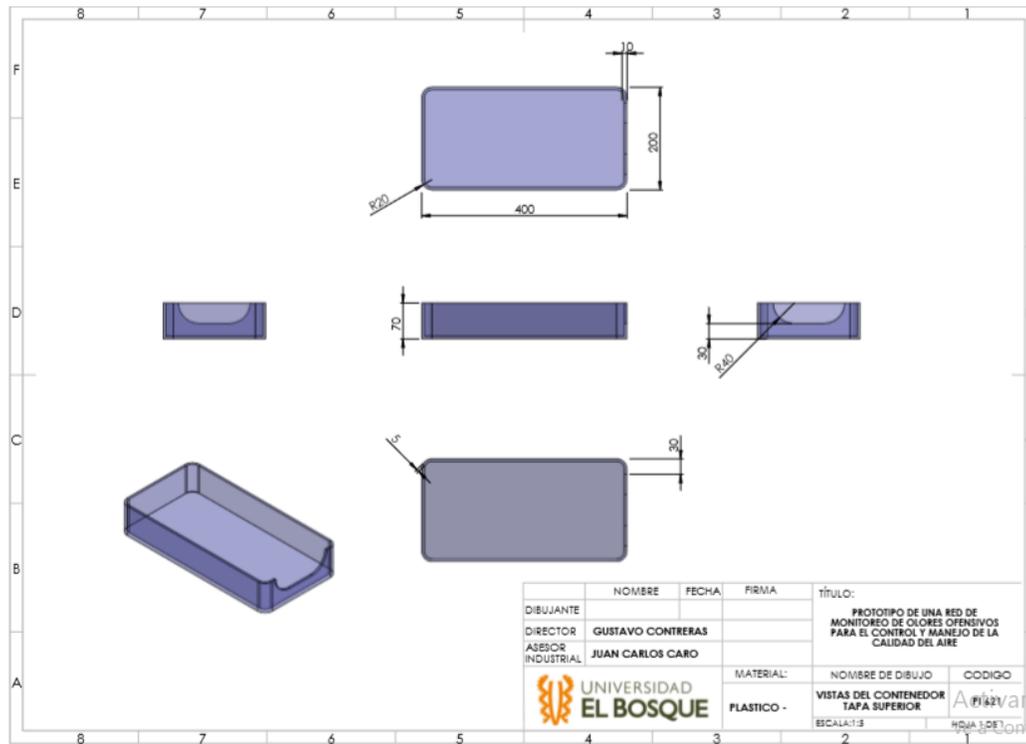


Figura 91. Diseño vista del contenedor tapa superior

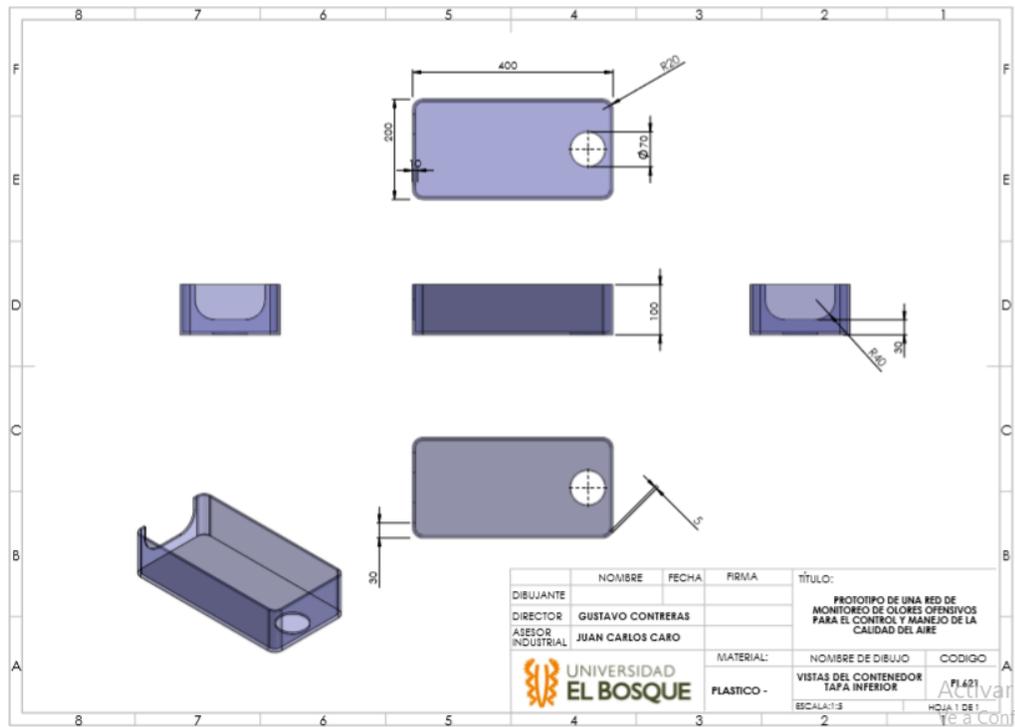


Figura 92. Diseño vista contenedor tapa inferior

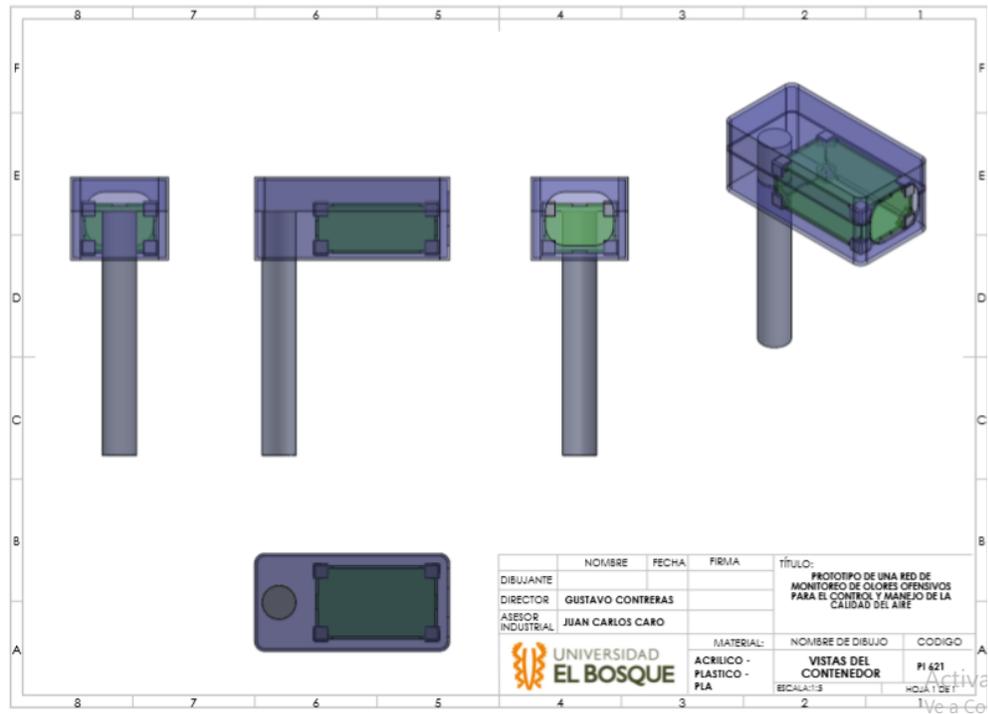


Figura 93. Diseño vista del contenedor

