

**SISTEMA DE MONITOREO EN LA NUBE PARA MEDIR LOS RIESGOS  
AMBIENTALES BASADOS EN SENSORES DE BAJO COSTO**

**CAMILA ANDREA MENESES TORRES**  
CÓDIGO: 1210197

**UNIVERSIDAD PILOTO DE  
COLOMBIA FACULTAD DE  
INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA  
MECATRÓNICA BOGOTÁ D.C.**

**SISTEMA DE MONITOREO EN LA NUBE PARA MEDIR LOS RIESGOS  
AMBIENTALES BASADOS EN SENSORES DE BAJO COSTO**

**CAMILA ANDREA MENESES TORRES**  
CÓDIGO: 1210197

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO  
MECATRÓNICO DE LA UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA**

**DIRECTOR:**  
**ING. M. SC. CAROLINA SANDOVAL MEJÍA**  
DOCENTE TIEMPO COMPLETO

**CODIRECTOR:**  
**ING. M. SC. RUBÉN DARÍO HERNÁNDEZ BELEÑO**  
DOCENTE INVESTIGADOR

**UNIVERSIDAD PILOTO DE  
COLOMBIA FACULTAD DE  
INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA  
MECATRÓNICA BOGOTÁ D.C.**

## **NOTA DE ACEPTACIÓN**

Una vez realizada la revisión metodológica y técnica del documento final de proyecto de grado, doy constancia de que el (los) estudiante (s) ha cumplido a cabalidad con los objetivos propuestos y se encuentra preparado para la defensa del mismo ante un jurado evaluador que considere idóneo el Comité de Investigaciones del Programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Piloto de Colombia.

**ING. M. SC. CAROLINA SANDOVAL MEJÍA**

Director del Proyecto

**ING. M. SC. RUBÉN DARÍO HERNÁNDEZ BELEÑO**

Codirector del Proyecto

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. GENERALIDADES	10
1.1 INTRODUCCIÓN	10
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.2.1 Antecedentes del problema.	10
1.2.2 Descripción del problema.	11
1.3 JUSTIFICACIÓN	13
1.4 OBJETIVOS	15
1.4.1 Objetivo general.	15
1.4.2 Objetivos específicos.	15
1.4.3 Delimitación del proyecto.	15
1.5 DISEÑO METODOLÓGICO	16
1.6 recursos	17
2. CONSIDERACIONES Y TÉRMINOS	18
2.1 RIESGOS AMBIENTALES	18
2.1.1 Sistemas de Alerta Temprana (SAT).	18
2.2 INTERNET DE LAS COSAS (IOT, IDC)	19
2.2.1 El Internet de las Cosas y la red.	21
2.2.2 Aplicaciones del Internet de las Cosas.	24
2.3 SISTEMAS EN LA NUBE	26
2.3.1 Servidor web.	26
2.3.2 Redes de comunicación.	28
2.4 LÓGICA DIFUSA	29
3. DESARROLLO INGENIERIL	31
3.1 SISTEMAS EMBEBIDOS	32
3.2 MÓDULO 1: SERVIDOR WEB: RASPBERRY PI MODELO B	33
3.2.1 Base de datos.	35
3.2.2 Comunicación entre Arduino, Raspberry pi y base de datos.	37
3.3 MÓDULO 2: SISTEMA DE BAJO NIVEL.	39
3.3.1 Arduino Mega 2560.	41
3.3.2 Módulo 3G: SIM 5218E.	42
3.3.3 Recepción y envío de mensajes de texto.	44
3.3.4 Sensores.	44
3.3.5 Control difuso.	57
3.4 MÓDULO 3: SITIO WEB.	65
3.4.1 Página de inicio.	65
3.4.2 Páginas de monitoreo.	69
3.4.3 Página de notificaciones y alarmas.	72
3.5 MÓDULO 4: ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA.	74
3.5.1 Sistema fotovoltaico	74
4. RESULTADOS Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	81
4.1 Prueba de funcionamiento de sensores.	81

4.1.1	Datos recogidos del sensor de humedad y temperatura DHT11.	81
4.1.2	Prueba del sensor de nivel de agua.	82
4.1.3	Datos recogidos del sensor de lluvia.	83
4.1.4	Prueba del sensor de calidad del aire.	84
4.1.5	Prueba variación del sensor de iluminancia.	85
4.2	PRUEBA DE RECEPCIÓN Y ENVÍO DE MENSAJES DE TEXTO.	86
4.3	PRUEBA DE GENERACIÓN DE ALERTA.	86
4.3.1	Alerta por inundación.	87
4.3.2	Alerta por sequía.	88
4.4	FUNCIONAMIENTO DEL SITIO WEB.	89
4.4.1	Base de datos	89
4.4.2	Tabla de registros.	90
4.	CONCLUSIONES	92
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
	ANEXOS	98

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Seguimiento mensual de lluvia acumulada.	12
Figura 2. Seguimiento mensual de temperatura media.	12
Figura 3. Cambio de temperatura en Bogotá.	15
Figura 4. El internet de las cosas.	20
Figura 5. Sistema domótico.	21
Figura 6. Esquema general del sistema de telemetría de variables ambientales.	23
Figura 7. Modelo cliente-servidor.	27
Figura 8. Servicios de LAMP.	28
Figura 9. Ejemplo de un conjunto difuso.	30
Figura 10. Fuzzy Logic.	30
Figura 11. Módulos del sistema.	31
Figura 12. Arquitectura de la placa Raspberry PI Modelo B.	34
Figura 13. Pines GPIO.	34
Figura 14. Página de bienvenida de phpMyAdmin.	35
Figura 15. Creación de la base de datos 'monitoreo'.	36
Figura 16. Tabla de 'sensores'.	36
Figura 17. Creación de la tabla registro.	37
Figura 18. Librerías y configuración para python.	38
Figura 19. Lectura de Arduino e ingreso a la base de datos con Python.	39
Figura 20. Arduino MEGA 2560.	41
Figura 21. Módulo 3G.	42
Figura 22. Accesorios del módulo 3G	43
Figura 23. Programación en Arduino.	43
Figura 24. Sensor de temperatura y humedad relativa DHT11.	47
Figura 25. Función para la lectura de humedad y temperatura.	48
Figura 26. Sensor ultrasónico HC-SR04.	49
Figura 27. Modo de funcionamiento del sensor de distancia.	50
Figura 28. Función para el sensor de distancia.	52
Figura 29. Modulo del sensor de gas MQ135.	54
Figura 30. Función para el sensor de gas.	54
Figura 31. Sensor de lluvia FC-37.	55
Figura 32. Función para la lectura del sensor de lluvia.	56
Figura 33. Sensor de luz ambiente TEMA6000.	57
Figura 34. Lectura de iluminancia en representación de radiación.	57
Figura 35. Diagrama de control.	58
Figura 36. Temperatura promedio de Bogotá.	58
Figura 37. Control Fuzzy para temperatura.	59
Figura 38. Control para radiación.	59
Figura 39. Control de precipitación.	60
Figura 40. Control de nivel de agua.	60
Figura 41. Control de humedad relativa.	61
Figura 42. Clasificación de alertas por Fuzzy.	61

Figura 43. Reglas para el control por Fuzzy.	63
Figura 44. Identificación de alarma por Fuzzy.	64
Figura 45. Página de inicio.	65
Figura 46. Menú de navegación.	66
Figura 47. Barra de navegación en tamaño pequeño.	66
Figura 48. Menú en pantallas pequeñas.	67
Figura 49. Columnas de Bootstrap.	68
Figura 50. Página de inicio en un teléfono celular.	69
Figura 51. Página del monitoreo de humedad relativa.	70
Figura 52. Calendario.	70
Figura 53. Conexión a la base de datos.	71
Figura 54. Tabla de registros.	71
Figura 55. Página de notificaciones y alarmas.	72
Figura 56. Panel de notificaciones.	73
Figura 57. Botones de alerta.	74
Figura 58. Espectro electromagnético.	75
Figura 59. Promedio de horario de la radiación en Bogotá.	76
Figura 60. Panel solar.	77
Figura 61. Batería.	79
Figura 62. Sistema conversor y regulador de voltaje.	80
Figura 63. Datos del sensor de temperatura y humedad.	81
Figura 64. Prueba del sensor de nivel de agua.	82
Figura 65. Registros del sensor de lluvia.	83
Figura 66. Registros del sensor de calidad de aire.	84
Figura 67. Lectura del sensor de luz ambiental.	85
Figura 68. Notificación por mensaje de texto.	86
Figura 69. Alerta verde por inundación.	87
Figura 70. Alerta amarilla por inundación.	87
Figura 71. Alerta roja por inundación.	88
Figura 72. Alerta verde por sequía.	88
Figura 73. Alerta amarilla por sequía.	89
Figura 74. Alerta roja por sequía.	89
Figura 75. Base de datos.	90
Figura 76. Tablas de registros.	90
Figura 77. Gráficas.	91
Figura 78. Actualización de controladores.	98
Figura 79. Creación de una conexión nueva.	98
Figura 80. Selección del COM en Hyperterminal.	99
Figura 81. Configuración de la velocidad del puerto.	99
Figura 82. Mensajes de entrada en Hyperterminal.	99
Figura 83. Envío de mensajes de texto desde Hyperterminal.	100
Figura 84. Recepción de mensajes en Hyperterminal.	100

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Escenario del cambio climático en Bogotá.	14
Tabla 2. Plan de trabajo.	16
Tabla 3. Recursos.	17
Tabla 4. Sistemas embebidos de alto nivel.	32
Tabla 5. Sistemas de bajo nivel.	39
Tabla 6. Sensores de humedad y temperatura.	45
Tabla 7. Sensores de gas MQ.	53

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. ENVIO Y RECEPCIÓN DE MENSAJES DE TEXTO POR HYPERTERMINAL	98

# 1. GENERALIDADES

## 1.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad los sistemas embebidos han tomado un papel importante para realizar sistemas de bajo costo para diferentes aplicaciones como el monitoreo ambiental. De esta manera se presenta un desarrollo preliminar de una red sensorial enfocada a la gestión de alarmas a partir de variables tomadas del entorno. Dentro del desarrollo del proyecto se busca que la red sensorial planteada sea adaptable al protocolo de comunicación TCP/IP en el cual se pueda monitorear remotamente vía internet variables como la humedad, temperatura, radiación, nivel del agua, entre otros. Para ello se hará la implementación en un sistema embebido la cual está enfocada al internet de las cosas y facilita la conectividad de dispositivos a la web.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.2.1 Antecedentes del problema.

Los fenómenos de “La Niña” y “El Niño” son fenómenos naturales de variabilidad climática, que se desarrollan en el Océano Pacífico Tropical. Al enfriarse las aguas del Océano Pacífico Tropical central y oriental en las costas de Ecuador, Perú y Colombia, y al incrementarse los vientos Alisios del Este se presenta el fenómeno de “La Niña” característico por las bajas temperaturas y las fuertes precipitaciones mientras que cuando estas aguas presentan una temperatura más cálida de lo normal se conoce como “El Niño”, con el cual disminuyen las precipitaciones y aumentan las sequías.<sup>1 2</sup>

A los impactos ocasionados por estos fenómenos se agregan los efectos del cambio climático que al pasar de los años se hacen más visibles con las diferentes emergencias que se presentan alrededor del mundo, si bien en la actualidad se hacen esfuerzos por disminuir el impacto ambiental sin embargo no son comparables con las actividades del hombre como la agricultura, la industria y la producción de basuras que conducen al aumento en gran medida de los gases de invernadero.<sup>3</sup>

Entre las actividades nocivas del ser humano se suma la urbanización en donde se degrada y desaparecen ecosistemas como los humedales por la construcción, contaminación y explotación de recursos, entre otros. Este ecosistema permite acumular aguas temporal o permanentemente lo cual frena las crecientes de los ríos y amortigua los efectos de inundaciones y sequías, de esta manera se

---

<sup>1</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM. , *Boletín informativo sobre el monitoreo del fenómeno de "la Niña"*., 2011.

<sup>2</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM, *Boletín informativo sobre el monitoreo de los fenómenos de variabilidad climática "El niño" y "La niña"*, 2014.

<sup>3</sup> «Cambio Climático Global,» [En línea]. Available: <http://cambioclimaticoglobal.com/causas-del-cambio-climatico>. [Último acceso: 23 Noviembre 2016].

reduce la vulnerabilidad de las comunidades que se encuentran cerca de ellos, pese a su gran importancia solo el 7.2 por ciento de los humedales se encuentran en áreas protegidas.<sup>4</sup>

Las consecuencias de estas acciones que atentan contra el planeta no se han hecho esperar, múltiples cambios geológicos terminan en desastres de grandes magnitudes y cada vez son más frecuentes los climas extremos que traen consigo tormentas y ciclones que causan grandes precipitaciones y estas a su vez inundaciones, deslizamientos y demás.

## 1.2.2 Descripción del problema.

Los fenómenos hidro-meteorológicos como huracanes, inundaciones y lluvias intensas, son la segunda causa de mortalidad en América Latina y el Caribe, entre estos fenómenos se encuentra los fenómenos de “El Niño” y “La Niña” los cuales pueden llegar a afectar la vida social y política de los países puesto que generan grandes sequias y precipitaciones que pueden provocar deslizamientos, aluviones de barro y rocas, además de crecientes en los ríos las cuales afectan la sanidad y economía de las personas que se encuentran en zonas aledañas. Este tipo de eventos causan mayor impacto en países en vía de desarrollo como Colombia que en países desarrollados, los cuales cuentan con la planificación y prevención para estas catástrofes. Las sequias por su parte impactan la calidad y disponibilidad de agua generando hambruna, incendios forestales, mortandad del ganado, la pérdida de cosechas y variaciones de temperatura en el agua que pueden alejar los bancos de peces lo que afecta a la ganadería, agricultura y la actividad pesquera respectivamente.<sup>5 6 7</sup>

Entre las zonas afectadas se encuentra Bogotá, en donde se han presentado eventos de inundación de grandes proporciones como por ejemplo el desbordamiento del río Tunjuelito en 2002 y del río Fucha en 2011, el cual inundó las localidades de Kennedy y Bosa, afectando a más de veintiún mil familias.<sup>8</sup> En la Figura 1 se puede visualizar el seguimiento mensual de lluvia acumulada en el presente año y el promedio histórico de años anteriores, los cuales indican un leve aumento en la precipitación en la ciudad de Bogotá.

---

<sup>4</sup> BETANCUR ALARCÓN, Laura. ¿Por qué necesitamos conservar los humedales? *EL TIEMPO*. [En línea] 30 de Enero de 2016. [Citado el: 23 de Noviembre de 2016.] <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/problematika-de-los-humedales-en-colombia-y-bogota/16495617>.

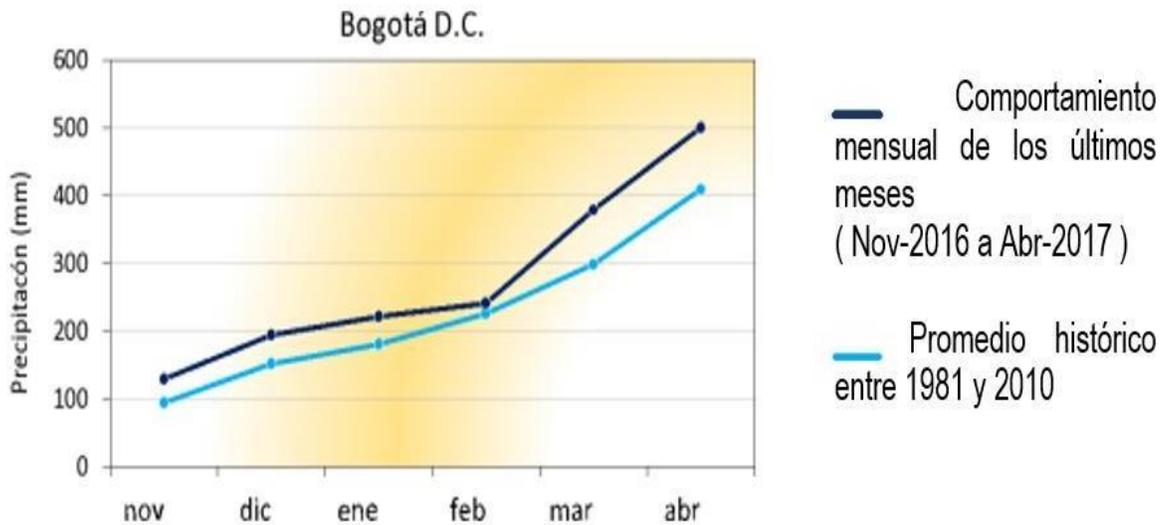
<sup>5</sup> AGUDELO, Omar y SUÁREZ, Carlos. UN Periódico. [En línea] 12 de Abril de 2009. [Citado el: 23 de Noviembre de 2016.] <http://www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/inundaciones-en-colombia-un-desastre-que-no-es-natural.html>.

<sup>6</sup> SEDNA, Planeta. Los fenómenos de la Niña y el Niño. [En línea] Abril de 2007. [Citado el: 2 de 12 de 2016.] <http://www.siagua.org/sites/default/files/documentos/documentos/Los%20Fen%C3%B3menos%20de%20la%20Ni%C3%B1a%20y%20el%20Ni%C3%B1o.pdf>.

<sup>7</sup> DOMÍNGUEZ CALLE, Efraín y LOZANO BAÉZ, Sergio. Estado del arte de los sistemas de alerta temprana en Colombia. 148, 2014, Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Vol. 38, págs. 321-332.

<sup>8</sup> ALMANZA, Giovanni. IDIGER. [En línea] 28 de Febrero de 2017. [Citado el: 30 de Mayo de 2017.] <http://www.idiger.gov.co/rinundacion>.

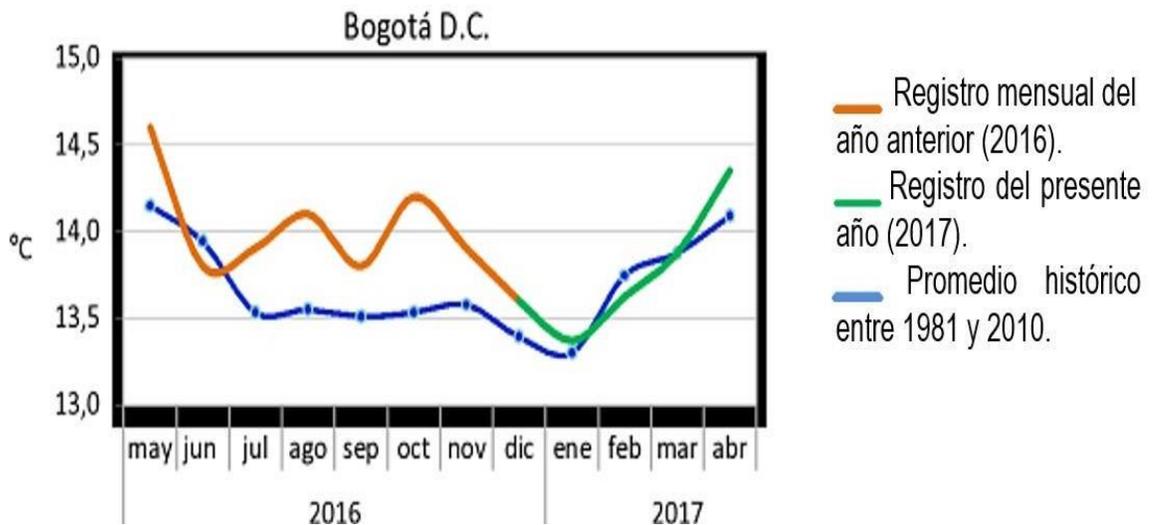
**Figura 1. Seguimiento mensual de lluvia acumulada.**



**Fuente:** IDEAM. En línea: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/climatologico-mensual> Citado el 29 de Mayo de 2017.

En la Figura 2 también se observa un aumento de temperatura media en el seguimiento mensual durante el último año respecto al promedio histórico de años anteriores.

**Figura 2. Seguimiento mensual de temperatura media.**



**Fuente:** IDEAM. En línea: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/climatologico-mensual> Citado el 29 de Mayo de 2017.

Estos cambios de temperatura en la ciudad han desequilibrado totalmente los ecosistemas, los cerros orientales se han incendiado en varias ocasiones generando una ola de humo que afecta a los barrios aledaños y que a veces alcanza al centro de la ciudad.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

La importancia de los sistemas de alerta temprana consiste en determinar por medio de la medición y evaluación si un recurso es suficiente o no y si se excede de unos parámetros que puedan llegar a afectar a una comunidad que en la mayoría de casos no tiene recursos disponibles para la implementación de equipos costosos, por ello se buscan alternativas económicas para realizar sistemas de monitoreo y alerta. Para el correcto funcionamiento de los sistemas de alarma según (UNISDR, 2006) deben existir cuatro elementos. El primero de ellos es el conocimiento y la comprensión del riesgo para lo cual se realiza la recolección de datos y se evalúa, el segundo es el seguimiento constante y servicio de alerta, el tercero y cuarto es la capacidad que se tiene para transmitir la información a tiempo, que esta sea comprendida por la comunidad y que se sigan unos planes de respuesta establecidos. <sup>7 9</sup>

Hoy en día se utilizan estaciones de medición ubicadas geográficamente por todo el territorio, algunas de ellas no cuentan con un sistema de monitoreo inalámbrico y el ingreso a estos puntos suele ser complicado lo cual dificulta la obtención de los datos registrados y conlleva a realizar visitas periódicas para descargar la información, por ello es de vital importancia implementar un sistema inalámbrico de seguimiento continuo que permita obtener los datos adquiridos por los sensores en tiempo real por medio de la web y que genere una alerta automática sin necesidad de ir al lugar sensado a través de mensajes de texto con el objetivo de que el usuario pueda ser alertado aun si no cuenta con servicio de internet en el momento.

La región andina es una de las regiones más afectadas por el cambio climático, esta zona es altamente vulnerable teniendo en cuenta que en ella se encuentran variedad de ecosistemas que suplen las necesidades de la región y que están siendo afectados por los grandes cambios de temperatura y patrones de lluvia, lo que genera más fenómenos climáticos extremos. Esta región es la que se desarrolla la actividad agrícola avanza hacia la desertificación y pérdida de recursos hídricos, en donde el aumento de temperatura y los cambios en el suelo serán los factores de disminución de las zonas agrícolas y de las olas de calor en las áreas urbanas.

Actualmente la urbanización de Bogotá sigue extendiéndose amenazando la estabilidad de los diferentes ecosistemas que se encuentran a su alrededor como la sabana de Bogotá, los cerros orientales y el macizo de Chingaza, el cual es una importante fuente hídrica para la ciudad y la región. Además de la urbanización, la ciudad emite grandes cantidades de gases de efecto invernadero que aumentan día tras día en gran parte por la movilidad no sostenible, estos gases se concentran en las zonas de páramo alto, en donde interactúan con la alta radiación UV. En consecuencia, se incrementa

---

<sup>7</sup> DOMÍNGUEZ CALLE, Efraín y LOZANO BAÉZ, Sergio. Estado del arte de los sistemas de alerta temprana en Colombia. 148, 2014, Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Vol. 38, págs. 321-332.

<sup>9</sup> GARCÍA, Gabriel Agustín y LÓPEZ, Emiliano Pedro. *Sistema embebido para la automatización de la transmisión de datos recolectados por estaciones de observación en campo*. 2013, Congreso Argentino de Agroinformática, págs. 129-142.

la temperatura y se contribuye al derretimiento del páramo, evaporación en el curso superior de los ríos y posterior aumento de precipitaciones de alta intensidad.<sup>10 11 12 13</sup> En la Tabla 1 se presenta el escenario que podría tener Bogotá con el cambio climático entre 2011 y 2100, como se observa el clima sería altamente afectado, en especial la temperatura media la cual aumentaría 2,2°C para el 2071.

**Tabla 1. Escenario del cambio climático en Bogotá.**

Ciclo	Cambio de temperatura media °C	% de cambio de precipitación
2011 - 2040	0,8	6,57
2041 - 2070	1,4	9,53
2071 - 2100	2,2	8,27

**Fuente:** IDEAM. En línea:

[http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022964/documento\\_nacional\\_departamental.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022964/documento_nacional_departamental.pdf) Citado el 25 de Mayo de 2017.

Asimismo, en la Figura 3 se observan el aumento gradual de temperatura que podría experimentar Cundinamarca y sus alrededores.

<sup>10</sup> HERNÁNDEZ BELEÑO, Ruben Dario y BASTIDAS, Henry Arturo. *Caracterización de las TIC que permitan la gestión y a la mitigación del impacto climático global en Colombia*. Programa de Ingeniería Mecatrónica y de Ingeniería de telecomunicaciones, Universidad Piloto de Colombia. Bogotá : s.n., 2013.

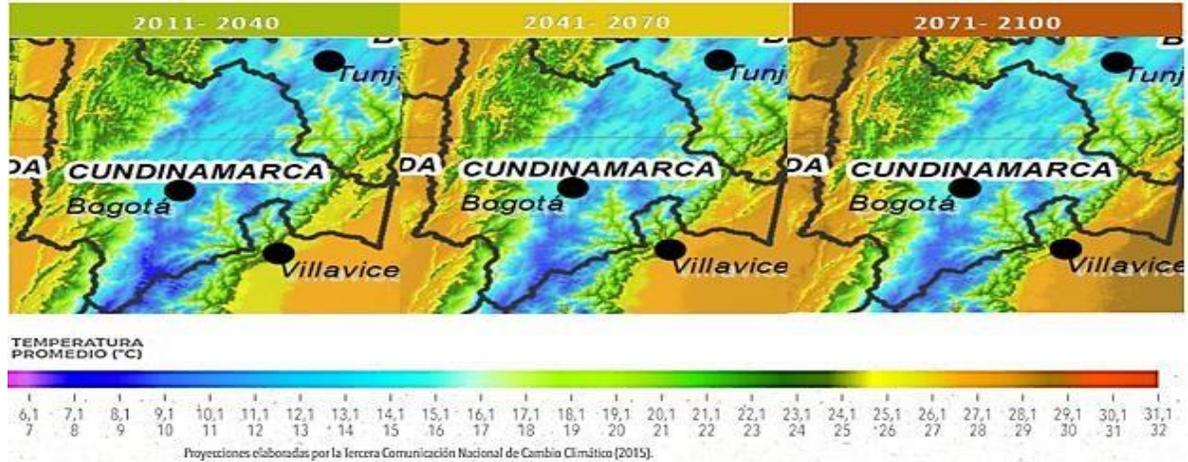
<sup>11</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM. *Fuertes impactos del cambio climático en los páramos de Colombia*. IDEAM. Boletín de prensa.

<sup>12</sup> NANNETTI, Ernesto Guhl. Bogotá, Colombia y el cambio climático. [En línea] 05 de Abril de 2015. [Citado el: 29 de Mayo de 2017.] <http://www.razonpublica.com/index.php/regiones-temas-31/8370-bogot%C3%A1,-colombia-y-el-cambio-clim%C3%A1tico.html>.

<sup>13</sup> RUÍZ, Franklyn, y otros. *Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia 2011 - 2100*

*Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones - Enfoque Nacional - Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático.* IDEAM, MADS, PNUD, DNP, CANCELLEERÍA. Bogotá : s.n., 2015. pág. 14.

Figura 3. Cambio de temperatura en Bogotá.



Fuente: EL TIEMPO. En línea: <http://www.eltiempo.com/multimedia/especiales/proteccion-para-los-cerros-orientales-en-bogota/16746584/1/> Citado el 29 de Mayo de 2017.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo general.

Diseñar e implementar un sistema sensorial adaptable a la red de internet que permita la gestión de alarmas para mitigar los riesgos ambientales en zonas rurales.

### 1.4.2 Objetivos específicos.

- Establecer las condiciones requeridas para la implementación de un sistema de monitoreo ambiental rural.
- Diseñar e implementar la red sensorial para la caracterización de las variables que intervienen en un ambiente rural.
- Diseñar y caracterizar el sistema de monitoreo basado en los sistemas de almacenamiento en la nube.
- Realizar pruebas de conectividad y supervisión de la funcionalidad del sistema propuesto, garantizando la operatividad de los dispositivos implementados.

### 1.4.3 Delimitación del proyecto.

#### 1.4.3.1 Alcances y limitaciones.

##### Alcances.

- Desarrollar un sistema adaptable a cualquier zona rural de forma que se puedan caracterizar las variables que intervienen en el proceso.
- Caracterizar los procesos ambientales propiamente de la sabana de Bogotá.

## Limitaciones.

- El costo de financiación, por lo cual se debe seleccionar un material no costoso pero que cumpla con el objetivo requerido
- Identificar la zona de implementación del dispositivo propuesto.
- El tiempo de desarrollo del proyecto.

### 1.4.3.2 Línea de investigación del programa.

La línea de investigación del programa es energías renovables, ya que el sistema permitirá el estudio de las variables ambientales para una posterior proyección de sistemas adaptables basados en energías renovables no convencionales.

## 1.5 DISEÑO METODOLÓGICO

Para el correcto desarrollo del proyecto se seguirá el plan de trabajo de la Tabla 2.

**Tabla 2. Plan de trabajo.**

FASE	DESCRIPCIÓN
Investigación	Se elabora el estado de arte consultando diferentes fuentes con el objetivo de tener una base para la selección de elementos
Selección	Se realiza una comparación con base en la información recolectada de los diferentes métodos para el desarrollo del proyecto, se evalúan y seleccionan las opciones más adecuadas para llevar a cabo el proyecto
Implementación	Se realiza la compra e implementación de los materiales necesarios para la construcción del proyecto
Desarrollo	Se construyen los diferentes programas para la toma de datos y comunicación entre los elementos implementados
Pruebas	Se efectúan las respectivas pruebas y ensayos para verificar el funcionamiento y dar por finalizado el proyecto

**Fuente:** Autor.

## 1.6 RECURSOS

En la Tabla 3 se observan los materiales requeridos para la implementación del proyecto y su respectivo costo.

**Tabla 3. Recursos.**

<b>Material es</b>	<b>Descripción</b>	<b>Total</b>	
<b>Equipos</b>	Arduino MEGA 2560	Sistema embebido	\$45,000
	Raspberry Pi Modelo B	Sistema embebido	\$150,000
	Módulo 3G	Shield Cooking Hacks	\$150,000
	MQ135	Sensor de Gas (Calidad de aire)	\$12,000
	DHT11	Sensor de temperatura y humedad	\$7,000
	HC-SR04	Sensor de distancia	\$8,000
	FC-37	Sensor de lluvia	\$10,000
	TEMT6000	Sensor de luz ambiente	\$16,000
	Tarjeta electrónica	Baquela	\$10,000
<b>Software</b>	Arduino IDE	Software libre para la programación de la placa embebida Arduino MEGA 2560	\$0
	Raspbian	Sistema operativo de la arquitectura Raspberry PI	\$0
<b>Otros</b>	Jumpers x 40	Cables de fácil implementación	\$5,400
	Antena	Antena 3G	\$7,000
	Alimentación	Panel solar, estructura, batería, entre otros.	\$400,000
	Buzzer	Dispositivo de generación de sonido	\$2,500
	Leds	Diodo emisor de luz	\$600
<b>Total</b>		<b>\$823,500</b>	

**Fuente:** Autor.

## 2 CONSIDERACIONES Y TÉRMINOS

### 2.1 RIESGOS AMBIENTALES

#### 2.1.1 Sistemas de Alerta Temprana (SAT).

Los Sistemas de Alerta Temprana (SAT)<sup>14</sup> constan de instrumentos y procedimientos para monitorear una amenaza predecible la cual puede ser provocada por la actividad humana, por eventos naturales o ambos, de esta manera permiten conocer con anterioridad el tiempo y el lugar en el que puede llegar a presentarse, y generar una alerta temprana con el objetivo de disminuir el impacto del evento, reduciendo o evitando la posibilidad de ocasionar daños económicos o pérdida de vidas. Habitualmente se aplican a inundaciones, deslizamientos de tierra, tsunamis, incendios forestales, entre otros, en estos procesos se debe realizar una recolección de datos los cuales son analizados para proveer predicciones temporales y dimensionar los efectos que pudiera traer un evento.

Las inundaciones pueden ser causadas por el aumento excesivo en el nivel de un río al punto que se desborda y sale temporalmente de su cauce llegando a afectar las poblaciones adyacentes, esto puede ser causado por obstrucciones en los cauces, rompimiento de presas y diques, fuertes lluvias, entre otros. Por ello es imprescindible adoptar Sistemas de Alerta Temprana que vigilen constantemente las condiciones hidrometeorológicas y el estado de los ríos para prever el riesgo en una zona específica.

Los instrumentos utilizados varían según la zona, los recursos disponibles y del evento que se monitoree. Los sistemas automatizados frecuentemente son gestionados por centros especializados en hidrometeorología, universidades, entre otros, los cuales hacen uso de redes telemétricas para realizar seguimientos de lluvia y nivel de ríos con sensores remotos y/o satelitales, asimismo cuentan con estaciones hidrometeorológicas y centros de análisis en diferentes zonas.

La palabra telemetría está compuesta de ‘tele’ que significa lejos y ‘metrón’ que implica la acción de medir. Esta área de la ingeniería consiste en medir de forma remota magnitudes físicas haciendo uso de un transductor o dispositivo de sensado, luego realizar el envío de la información registrada por transmisión inalámbrica o por cable, procesar las señales captadas y entregar la información de forma visual al operador del sistema o centro de estudio. La telemetría también es aplicada en otras áreas como lo son la supervisión de procesos, en las plantas de generación de energía, en el seguimiento de vuelos espaciales y en estaciones ambientales.<sup>15</sup>

---

<sup>14</sup> UNESCO San Jose, MEDUCA, CEPREDENAC, Comisión Europea y SICA, «UNESCO,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/San-Jose/pdf/Panama%20MANUAL%20INFORMATIVO.pdf>. [Último acceso: 26 Febrero 2017].

<sup>15</sup> BEDOYA GIRALDO, Yeferson, SALAZAR GIRALDO, Cristian Felipe y MUÑOZ LOZANO, Jhon Fredy. repositorio.utp.edu.co. [En línea] 2013. [Citado el: 25 de Febrero de 2017.] <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4350/6298B412.pdf?sequence=1.>

## □ **Funcionamiento de un Sistema de Alerta Temprana (SAT).**

El funcionamiento de un Sistema de Alerta Temprana se compone de los siguientes pasos:

- 1. Lectura y registro de datos:** Consiste en el seguimiento permanente del evento monitoreado por medio de sensores, instrumentos o equipos tecnológicos, cada vez que se evidencia un cambio en el estado normal del fenómeno se realiza un registro y se procede a tomar las lecturas pertinentes.
- 2. Transmisión de los datos:** Se realiza la transmisión de datos de la forma más rápida posible a los centros de análisis de datos o instituciones encargadas.
- 3. Análisis de datos:** Los datos son analizados por expertos o por equipos tecnológicos los cuales entregan un pronóstico e indican el nivel de riesgo y tipo de alerta.
- 4. Evaluación de la situación y definición de la alerta:** Se evalúa el resultado del análisis de los datos y se contrastan con un mapa de riesgo, de esta manera se determina el daño potencial y la alerta que se debe emitir la cual es representada con cuatro colores. El rojo que indica que el evento esta pronto a suceder y que se debe activar el plan de emergencias; El naranja significa que todas las características necesarias para que se produzca el evento se encuentran en el momento. Este color en algunos países es omitido; El amarillo indica a las instituciones que deben estar preparadas para realizar las acciones correspondientes para enfrentar el impacto del evento y sus consecuencias; El verde indica que se debe estar atento al estado del evento y de las alertas que se emitan durante el suceso.
- 5. Difusión del nivel de alerta:** Luego de ser comprobado el tipo de alerta, este debe ser notificado rápidamente a la población por medio de cualquier instrumento que se encuentre al alcance como bocinas, campanas, entre otros.
- 6. Activación del plan de emergencias:** Este paso debe ser ejecutado por todos los organismos que se encuentren en la zona los cuales deben haber planeado con anterioridad su plan de emergencias para diferentes eventos y deben tener establecidas las acciones que se deben realizar en cada caso.

## **2.2 INTERNET DE LAS COSAS (IOT, IDC)**

El internet de las cosas (*Internet of things*), “es sencillamente el punto en el tiempo en el que se conectaron a internet más cosas u objetos que personas”, según el Grupo de soluciones empresariales basadas en Internet (*IBSG, Internet Business Solutions Group*) de Cisco.<sup>16</sup> El desarrollo del IOT está

---

<sup>16</sup>EVANS, Dave. *Internet de las cosas Cómo la próxima evolución de Internet lo*

*cambia todo*. CISCO. 2011. pág. 2, Técnico.



### 2.2.1 El Internet de las Cosas y la red.

La tecnología Wireless garantiza a la mayoría de la gente utilizar internet tanto en su vida laboral como en la social, en cualquier lugar o momento por ello sirve como elemento de colaboración entre los usuarios de la red y como medio de información instantánea al estar permanentemente conectados.<sup>20</sup> Teniendo en cuenta estos privilegios el IOT utiliza esta comunicación para informar sobre actividades que suceden a distancia.

Algunos ejemplos de este tipo de sistemas se pueden ver implementados en automóviles y edificios inteligentes en los que se permite el control y supervisión de sistemas de comunicación, calefacción, entre otros. En la Figura 5 se muestra un ejemplo de un sistema de este tipo implementado en una vivienda. Además del control de multimedia, temperatura y luminarias, el IOT también es utilizado en la vigilancia remota no intrusiva, en la que se manda una señal de alarma al usuario, aunque se encuentre a kilómetros de su casa.

**Figura 5. Sistema domótico.**



**Fuente:** ROOTEAR. En línea: <https://rootear.com/web/internet-of-things> Citado el 12 de Diciembre de 2016.

Algunos de los documentos describen la implementación de redes de sensores inalámbricos al monitoreo climático como se puede apreciar en *Plataformas tecnológicas aplicadas al monitoreo*

---

<sup>20</sup> En un mundo conectado de objetos inteligentes. ACCENTURE, Fundación de la innovación Bankinter. 2011, El internet  
24

de las cosas, pág. 7.

climático por parte de (Mejía, Angel y Piñeres, Gabriel, 2013) <sup>21</sup> quienes hacen uso de embebidos para realizar sistemas de bajo costo utilizando redes de sensores inalámbricas (WSN - *Wireless Sensor Networks*), las cuales se componen de nodos que definen el tipo de alimentación y comunicación e integran sensores y controladores para lograr el monitoreo climático, de igual modo (Costa, Melisa; Caicedo, José y Campa-Pinto, Alejandro, 2015) <sup>22</sup> describen un proyecto que implementa este método para obtener variables físicas en tiempo real de humedad, temperatura y presión atmosférica, en *design and implementation of large-scale wireless sensor networks for environmental monitoring applications*, (Yang, Jue, 2010) <sup>23</sup> diseña e implementa un sistema de sensores para el monitoreo ambiental autónomo, a largo plazo y en tiempo casi real con un bajo consumo de energía, también (Acevedo, Miguel; LI, Xinrong; FU, Shengli y otros, 2008) <sup>24</sup> en *An environmental Monitoring System with Integrated Wired and Wireless Sensors*, proponen no descartar la comunicación cableada sino implementar una arquitectura en donde se complementen los sensores cableados e inalámbricos.

Estos sistemas pueden utilizar además del conocido WiFi, otras tecnologías que facilitan la conexión a la red e igualmente placas que han sido desarrolladas como alternativas para permitir la comunicación con la web como son la integración de las placas de Arduino y la tecnología ZigBee.

Un ejemplo de su utilización y de la aplicación que se le puede dar a la interconectividad de sensores para la prevención de riesgos y monitoreo ambiental se puede evidenciar en el trabajo de (Buitrago, Jaime Alberto; Marín, Jorge Iván y Ramírez, Julián Adolfo, 2014) <sup>25</sup> en *Red de sensores de larga distancia usando Zigbee para el monitoreo y la gestión del riesgo en el departamento de Quindío- Colombia*, en donde se expone el diseño de una red de sensores para el monitoreo de variables hidro- climatológicas basado en tecnología ZigBee haciendo hincapié en que esta tecnología permitió realizar comunicaciones a distancias de hasta 8 km, de igual modo en *Sistema telemétrico de variables climatológicas para la gestión del riesgo de deslizamiento*, (Buitrago, Jaime; Marín, Jorge Iván; Ramírez, Julián y otros, 2014) <sup>26</sup> realizan un sistema de alarmas por riesgo de deslizamiento

---

<sup>21</sup> MEJÍA NEIRA, Angel y PIÑERES ESPITIA, Gabriel. Plataformas tecnológicas aplicadas al monitoreo climático. [En línea] 02 de Diciembre de 2013.

<sup>22</sup> M. A. ACOSTA COLL, J. G. CAICEDO ORTIZ y A. CAMPA-PINTO, «WSN deployment model for measuring climate variables that cause strong precipitation,» Prospect, vol. 13, nº 1, pp. 105 - 115, 2015.

<sup>23</sup> J. YANG, DESIGN AND IMPLEMENTATION OF LARGE-SCALE WIRELESS SENSOR NETWORKS FOR ENVIRONMENTAL MONITORING APPLICATIONS, 2010.

<sup>24</sup> M. ACEVEDO, X. LI, S. FU, Y. HUANG, J. YANG y C. ZHANG, «An environmental Monitoring System with Integrated Wired and Wireless Sensors,» pp. 224 - 236, 2008.

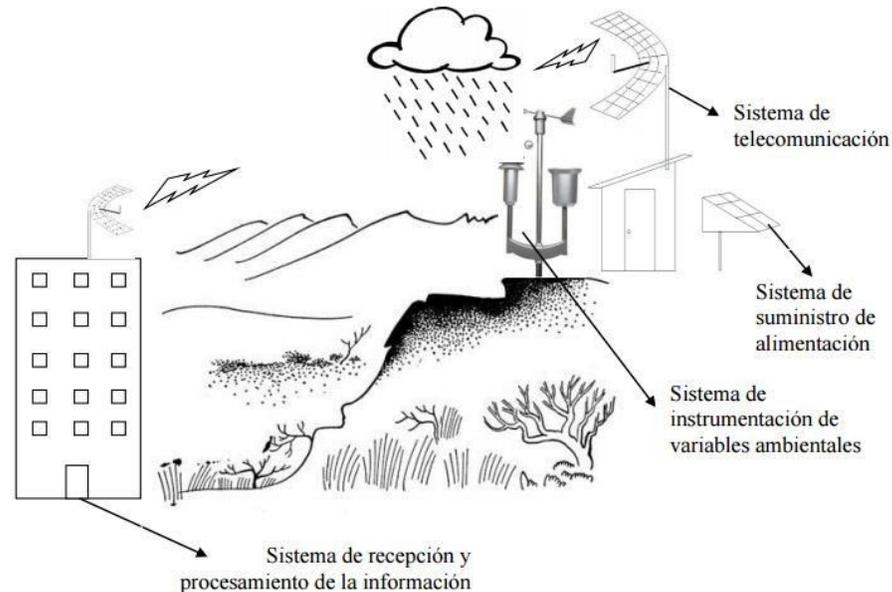
<sup>25</sup> Red de sensores de larga distancia usando Zigbee para el monitoreo y la gestión del riesgo en el departamnto de Quindío-Colombia. BUITRAGO, Jaime Alberto, MARÍN, Jorge Iván y RAMÍREZ, Julián Adolfo. 1, 2014, Revista de investigaciones - Universidad de Quindío, Vol. 25, págs. 63 - 72.

<sup>26</sup> MARIN HURTADO, Jorge Iván, y otros. Sistema telemétrico de variables climatológicas para la gestión del riesgo de deslizamiento. Grupo de investigación GDSPROC, Universidad del Quindío. Armenia : s.n., 2014. Investigación. J. I. MARIN HURTADO, J. A. RAMÍREZ, J. A. BUITRAGO, J. D. VALENZUELA RAMOS y J. A. ARISTIZABAL, «Sistema telemétrico

de variables climatológicas para la gestión del riesgo de deslizamiento,» Armenia, 2014.

implementando un sistema de monitoreo y medición de estas variables, en la Figura 6 se observa el esquema del sistema implementado.

**Figura 6. Esquema general del sistema de telemetría de variables ambientales.**



**Fuente:** MARIN HURTADO, Jorge Iván, y otros. Sistema telemétrico de variables climatológicas para la gestión del riesgo de deslizamiento. Grupo de investigación GDSPROC, Universidad del Quindío. Armenia : s.n., 2014. Investigación.

Hay que resaltar que una de las grandes ventajas de trabajar con estas tecnologías es la reducción significativa del costo como también lo proponen (A.Abdullah, O.Sidek, N.A.Amran, U.N.Za'bah, F.Nikm, 2012) <sup>27</sup>, quienes utilizaron estas tecnologías que se describen en *Development of Wireless Sensor Network for Monitoring Global Warming*, en donde se realizó el monitoreo ambiental tomando variables como la temperatura, la humedad, dióxido de carbono y oxígeno haciendo uso de Arduino uno y XBee Pro.

Además de los embebidos de Arduino también se implementa la placa de programación Raspberry PI, en *Wireless sensor network system using Raspberry Pi and Zigbee for environmental monitoring applications*, (Nikhade, Sudhir G, 2015) <sup>28</sup>, desarrolla una red de sensores inalámbricos usando Raspberry PI la cual funciona como una estación base que conecta los nodos por medio de ZigBee, además el usuario puede visualizar los datos obtenidos por los sensores a través de una página Web.

---

<sup>27</sup> A.Abdullah, O.Sidek, N.A.Amran, U.N.Za'bah, F.Nikm, «Development of Wireless Sensor Network for Monitoring Global Warming,» ICACSSIS, pp. 106 -111, 2012.

<sup>28</sup> Wireless sensor network system using Raspberry Pi and Zigbee for environmental monitoring applications. NIKHADE, Sudhir G. s.l. : IEEE, Mayo de 2015, Smart Technologies and Management for Computing, Communication, Controls,

Energy and Materials (ICSTM), 2015 International Conference on.

Además de este tipo de comunicación inalámbrica también se utiliza la comunicación por medio de GSM en *Real-World Deployment of a Locally-Developed Tilt and Moisture Sensor for Landslide Monitoring in Philippines*, (Talampas, Marc; Catane, Sandra; Hilario, Calvin y otros, 2011)<sup>29</sup> describen un proyecto realizado en Filipinas para realizar el monitoreo de desplazamiento de tierra, asimismo (Freiberger, Thomas V; Sarvestani, Sahra y Estella atekwana, 2007)<sup>30</sup> en *Hydrological Monitoring with Hybrid Sensor Networks* proponen brindar autonomía a los sistemas de vigilancia hidrológica por medio de la implementación de red híbrida de conexiones cableadas e inalámbricas para la toma de datos de sensores los cuales se transmiten a través de la red de celular GSM.

## 2.2.2 Aplicaciones del Internet de las Cosas.

El internet de las cosas se ha aplicado en todas las industrias, como se dijo anteriormente se encuentra en la automovilística, la domótica y en el monitoreo ambiental y gestión de alarmas. En este apartado se evidencia que además es implementado en la industria agrícola, la logística, la salud, entre otras, permitiendo monitorizar y controlar casi cualquier actividad, facilitando la toma de decisiones y aumentando la eficiencia en los procesos.

En la logística se implementan estos sistemas para la gestión de almacenes y ordenes de distribución las cuales pueden ser accesibles en smartphones por medio de aplicaciones. También se utiliza en empresas de transporte para ver el proceso de suministros y verificar la calidad de los productos enviados como las plantas las cuales deben permanecer en ambientes adecuados, por ello se monitorizan las condiciones climáticas, esta información no solo beneficia a la empresa transportadora si no a todas las del gremio las cuales pueden planificar con antelación las rutas de transportación.<sup>31</sup>

En la industria se controlan y monitorizan variedad de procesos, la temperatura es una de las variables que más se encuentra en estos y que debe ser eficazmente controlada, con la intervención del IOT puede ser ajustada de manera remota al verificar los datos recogidos por los sensores y tomar acciones, un ejemplo de esto se puede evidenciar en el proyecto de *Telecontrol de un sistema de conservación de tanque de leche* por parte de (Cedillo Josselyn, Hernández Cristhian y Millán Marcos), en el que se presenta el diseño, la implementación y pruebas de un prototipo que permite al usuario ingresar al sistema de telecontrol por medio de la web, además de monitorear la temperatura también

---

<sup>29</sup>Real-World Deployment of a Locally-Developed Tilt and Moisture Sensor for Landslide Monitoring in Philippines. JR, Joel S. MARCIANO, y otros. Quezon City, Philippines: IEEE, 2011, Global Humanitarian Technology Conference (GHTC), 2011 IEEE.

<sup>30</sup>Hydrological Monitoring with Hybrid Sensor Networks. FREIBERGER, Thomas V, SEDIGH SARVESTANI, Sahra y ATEKWANA, Estella. s.l. : IEEE, Octubre de 2007.

<sup>31</sup> En un mundo conectado de objetos inteligentes. ACCENTURE, Fundación de la innovación Bankinter. 2011, El internet

de las cosas, págs. 26-27.

logra verificar el volumen de la leche en el tanque y permite accionar un sistema de limpieza y de agitación para el tanque de leche remotamente.<sup>32</sup>

En la salud se puede monitorizar la actividad cardiaca y diferentes signos vitales tal como se muestra en el artículo escrito por (Viloria Núñez, César; Cardona Peña, Jairo y Saavedra Antolinez Iván)<sup>33</sup> en el que se describe el desarrollo de un sistema capaz de adquirir y administrar información relacionada con los signos vitales la cual es mostrada en la web. Para el desarrollo de la interfaz web se utilizó el lenguaje JSP (Java Server Pages) en conjunto con HTML. Este tipo de sistemas ayuda a la rápida atención medica puesto que la información registrada puede generar alarmas y ser enviada a un centro hospitalario de manera instantánea, de esta forma se podría tener un servicio de salud a tiempo, sin necesidad de traslados, obteniendo un servicio a domicilio y podría extenderse a la implementación de recordatorios de citas, en caso de cambios de instrumentación o como recordatorio de pastillas.

La implementación del internet de las cosas enfocado al medio ambiente y la salud se puede evidenciar en la tesis desarrollada por (Mantilla, Jeniffer y Tuta, Mónica)<sup>34</sup> en la que se describe el desarrollo de un tapabocas el cual es capaz de filtrar y sensar algunos elementos contaminantes en el aire tal como el dióxido de nitrógeno NO<sub>2</sub> el cual puede ser encontrado en el humo del tabaco y ser emitido por estufas de gas, calentadores sin ventilación, entre otros. Esto con el objetivo de prevenir al usuario de enfermedades pulmonares y dermatológicas.

Actualmente se han realizado estudios para mitigar las consecuencias del cambio climático (Velásquez Quintero Sebastián, 2015)<sup>35</sup> describe en su proyecto *Estación ambiental-Captura y transmisión de datos* la construcción de una estación ambiental móvil que captura y transmite los datos obtenidos de sensores para evaluar algunos componentes en el aire, otro ejemplo se da en *An embedded enviromental monitoring data collecting system*<sup>36</sup>, en el cual (Yang, Jue; Zhang, Chengyang; Li, Xinrong y otros, 2010) integran el proyecto como a la plataforma de supervisión del medio ambiente para la ciudad de Guangzhou, el objetivo de este proyecto es dar una base a las decisiones en lo que respecta a la protección del medio ambiente.

En el Colombia también se han realizado múltiples proyectos enfocados al cuidado del planeta y la evaluación de los datos adquiridos en las estaciones meteorológicas con el ánimo de mitigar riesgos

---

<sup>32</sup> Telecontrol de un sistema de conservación de tanque de leche. CEDILLO, Josselyn, RODRIGUEZ, Cristhian y MILLÁN, Marcos. Guayaquil : ESPOL, 2015.

<sup>33</sup> Telemonitoreo de datos cardiacos y respiratorios a través de un sistema Web con JSP. VILORIA NÚÑEZ, César, CARDONA PEÑA, Jairo y SAAVEDRA ANTOLINEZ, Iván. 1, Barranquilla : s.n., Enero - Junio de 2014, Revista Ingeniería y Desarrollo, Vol. 32, págs. 102 - 114. Impreso: 0122-3461 En línea:2145-9371.

<sup>34</sup> MANTILLA, Jeniffer y TUTA, Mónica. Desarrollo de un sistema sensor de NO<sub>2</sub> y biomaterial apto para filtro de contaminantes. Bogotá : s.n., 2016.

<sup>35</sup> VELASQUEZ QUINTERO, Sebastian. Estación ambiental - Captura y transmisión de datos. Manizales : s.n., 2015.

<sup>36</sup> Y. DAYONG, L. KUI, Z. KUNRONG y Y. JIAN, «An embedded enviromental monitoring data collecting system,» Information Science and Engineering (ICISE), 2010 2nd International Conference on, 2010.

y conocer el impacto que causa el calentamiento global en el país, en (Carbonell, Nancy y De la Rosa Morrón, 2013)<sup>37</sup> describen un prototipo de este tipo de estaciones el cual permite medir variables ambientales como temperatura, humedad y presión atmosférica.

El monitoreo hidro-meteorológico puede ir desde las zonas costeras hasta ríos, así como (Peña, Carolina, 2010)<sup>38</sup> describe las metodologías implementadas para la recolección de datos respecto a la calidad hídrica del río Bogotá y la importancia de la recolección de estos en tiempo real, además se muestra las variables que han sido tomadas en cuenta para determinar la gestión hídrica del río, del mismo modo (Matei, Alexandra, 2016)<sup>39</sup> en *Flood Forecasting and River Monitoring Expert System in the Prahova River Basin* realiza un sistema complejo de predicción para las crecidas de ríos utilizando una técnica de inteligencia artificial llamado ANFIS y redes neuronales, entre otros.

La recolección de datos medioambientales con ayuda de embebidos también se enfoca en reducir las consecuencias de fenómenos hidro-meteorológicos como inundaciones por ello se construyen estaciones que brinden información oportuna para la creación de alertas y disminuir los impactos ocasionados por estas a las personas de la zona, un ejemplo de ello presentan (Arbosa, Jhon Erickson; Pabón, Diana Carolina y Vera, Carlos Alberto, 2014) en *Plataforma meteorológica de bajo costo basada en tecnología Zigbee*<sup>40</sup> en donde se implementa una plataforma meteorológica de bajo costo haciendo uso del embebido Arduino Mega.

## 2.3 SISTEMAS EN LA NUBE

### 2.3.1 Servidor web.

Un servidor es un software o dispositivo capaz de suministrar información a clientes los cuales pueden ser computadores y otros dispositivos. En la Figura 7 se observa el modelo cliente-servidor en el cual los clientes inician la comunicación solicitando servicios al servidor por medio de mensajes y el servidor responde a la solicitud realizada. Además del servidor y los clientes el modelo consta de un middleware el cual sirve de enlace de comunicación entre ambos elementos y abarca el software necesario para el soporte de interacciones entre clientes y servidores.<sup>41</sup>

---

<sup>37</sup> CARBONELL POLO, Nancy Elcira y DE LA ROSA MORRÓN, Daniel Eduardo. Prototipo de estación meteorológica para la medición de variables ambientales aplicando técnicas de diseño experimental y el uso de la plataforma embebida Arduino. Barranquilla : s.n., 2013

<sup>38</sup> PEÑA GUZMAN, Carolina. Procesos de monitoreo a la calidad hídrica del río Bogotá realizados por la corporación autónoma regional de Cundinamarca -CAR-. Bogotá : s.n., 2010.

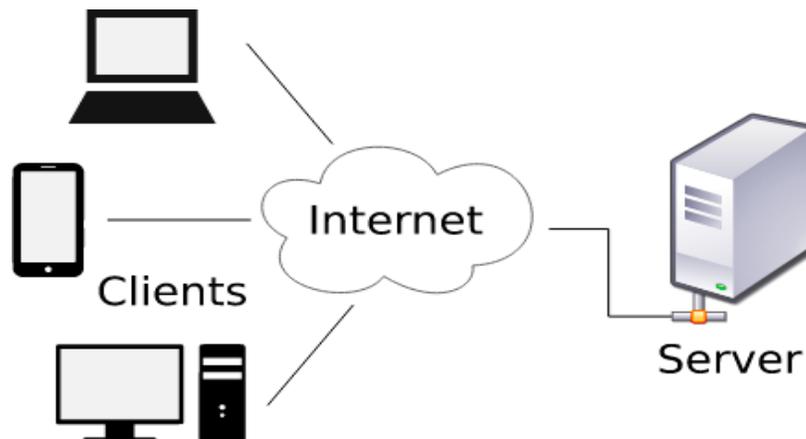
<sup>39</sup> MATEI, Alexandra. Flood Forecasting and River Monitoring Expert System in the Prahova River Basin. ScienceDirect. [En línea] 23 de Abril de 2016. [Citado el: 2 de Diciembre de 2016.] <http://dx.doi.org/10.3182/20100929-3-RO-4017.00012>.

<sup>40</sup> Plataforma meteorológica de bajo costo basada en tecnología Zigbee. BARBOSA JAIMES, Jhon Erickson, PABÓN GONZÁLEZ, Diana Carolina y VERA ROMERO, Carlos Alberto. 25, 2014, Revista Colombiana de Tecnologías de avanzada, Vol. 1, págs. 1-7.

<sup>41</sup> PROGRAMACION WEB. [En línea] [Citado el: 27 de Febrero de 2017.]

<https://programacionwebluz.wordpress.com/arquitectura-clienteservidor/>

**Figura 7. Modelo cliente-servidor.**



**Fuente:** JC MOUSE. Código Colectivo. En línea: <http://www.jc-mouse.net/proyectos/ejemplo-socket-java-clienteservidor>  
Citado el 27 de febrero.

### **2.3.1.1 Protocolos del servidor web.**

Los protocolos son parámetros que deben cumplirse para llevar a cabo un intercambio de datos en la web, algunos de ellos son FTP, POP3, SMTP, ICMP, entre otros.

Los servidores albergan páginas web, hipertextos o páginas HTML (HyperText Markup Language) en forma de código, las cuales se muestran en pantalla cuando el cliente web o navegador envía una petición a través de un protocolo HTTP e interpreta el código en forma de fondos, imágenes, colores y todo lo que pueda contener. Por otro lado, las páginas web pueden contener aplicaciones en Java o JavaScript por lo tanto el navegador debe ser capaz de ejecutar estas aplicaciones o de añadir otros lenguajes por medio de plugins, otras aplicaciones escritas en PHP, ASP, Perl, Python y Ruby son aplicaciones que frecuentemente se ejecutan desde el servidor por lo tanto el equipo del cliente no requiere otros recursos para ejecutarla a diferencia de las aplicaciones en Java o JavaScript. Algunos servidores son Apache, Microsoft IIS, Nginx, Sun Java System Web Server y Lighttpd.<sup>42</sup>

### **2.3.1.2 LAMP.**

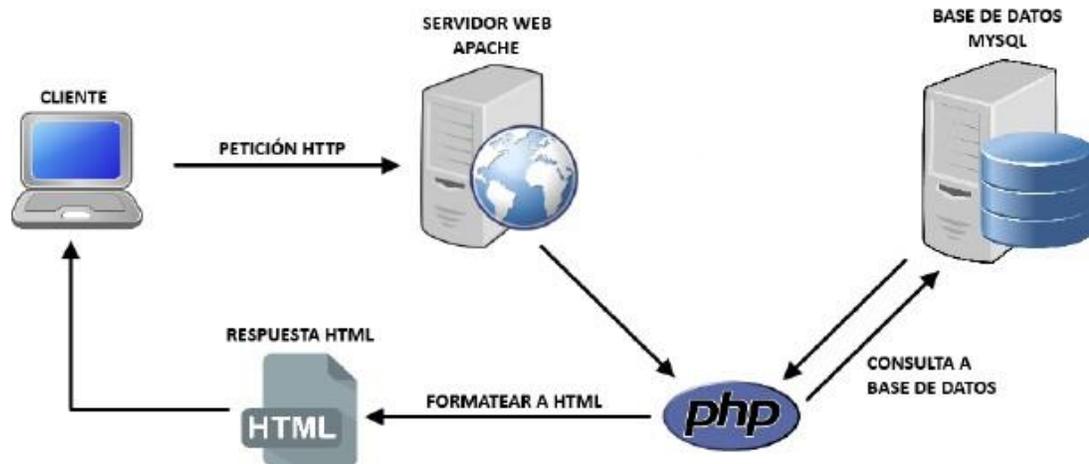
LAMP es la agrupación de los servicios de Linux un sistema operativo basado en software libre, Apache un servidor web, MySQL un gestor de bases de datos y PHP un lenguaje de programación de

---

<sup>42</sup> «EcuRed,» [En línea]. Available: [https://www.ecured.cu/Servidor\\_Web#Funcionamiento](https://www.ecured.cu/Servidor_Web#Funcionamiento). [Último acceso: 28 Febrero 2017].

páginas web que puede trabajar juntamente con HTML.<sup>43</sup>En la Figura 8 se observa la integración entre los diferentes servicios.

**Figura 8. Servicios de LAMP.**



**Fuente:** DIY Makers. En línea: <http://diymakers.es/raspberry-pi-como-servidor-web/> Citado el 3 de Marzo de 2017.

### 2.3.2 Redes de comunicación.

Las redes de comunicación se componen de medios técnicos para lograr la transmisión de datos entre dos o más dispositivos por medio de ondas electromagnéticas. Existen cuatro tipos de redes de comunicación que se clasifican según su cobertura:

- **Personal Area Network (PAN):** Es la red con menor cobertura y es utilizada para la comunicación entre celulares, computadores, sensores entre otros. Se pueden ver implementadas en las tecnologías ZigBee y Bluetooth.
- **Local Area Network (LAN):** Con una cobertura aproximada de cuatro kilómetros las redes de área local son utilizadas habitualmente para compartir recursos en redes privadas. Se pueden aplicar con una topología Ethernet la cual operan entre 10Mbps a 10Gbps.
- **Metropolitan Area Network (MAN):** Pueden abarcar áreas tan grandes como una ciudad, un ejemplo de ellas es la televisión por cable.

---

<sup>43</sup> RICO MOLINA, Enrique. DKSIgn. [En línea] 8 de Abril de 2015. [Citado el: 3 de Marzo de 2017.] <http://dksignmt.com/2015/04/08/que-es-un-servidor-lamp-y-como-instalar-uno/>.

- **World Area Network (WAN):** Es la red con mayor cobertura puede abarcar países y continentes.<sup>44</sup>

## 2.4 LÓGICA DIFUSA

La lógica difusa es una lógica multivaluada que utiliza un método de razonamiento no probabilístico permitiendo valores intermedios, es decir que no le asigna un solo estado a un elemento, si no que el elemento tiene grados de pertenencia entre los estados.

Hoy en día se aplica en el control de tráfico, de ascensores, en el seguimiento de objetos, en el reconocimiento de escritura manuscrita, en la predicción de terremotos, entre otros.

En el común se crean conjuntos clásicos los cuales pueden estar constituidos por elementos o por una función de pertenencia  $\mu$  que es binaria es decir que sus valores son 0 o 1, estos conjuntos se definen con la función de pertenencia que se muestra en la ecuación (1).

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & x \notin A \\ 1 & x \in A \end{cases} \quad (1)$$

A diferencia de los conjuntos clásicos, en los conjuntos difusos el grado de pertenencia puede tomar cualquier valor entre 0 y 1 definiéndose como se observa en la ecuación (2).

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in U\} \quad (2)$$

Siendo  $U$  el universo del discurso, es decir el rango de valores que tiene una variable y  $\mu_A(x)$  el grado de pertenencia de  $x$ . En la Figura 9 se observa que la variable "Altura" tiene tres conjuntos difusos los cuales son "Bajo", "Medio" y "Alto", y que hay un universo del discurso entre los 150 y 210 centímetros que son los datos que puede tomar la variable "Altura", además que las alturas de 150 a 160 tienen 1 como grado de pertenencia lo que implica que están completamente sujetas al conjunto "Bajo", asimismo pasa con las alturas entre los 190 y 210 centímetros con el conjunto "Alto" y para la altura de 175 con el conjunto "Medio", las demás alturas varían gradualmente sus grados de pertenencia entre los tres conjuntos.<sup>45 46</sup>

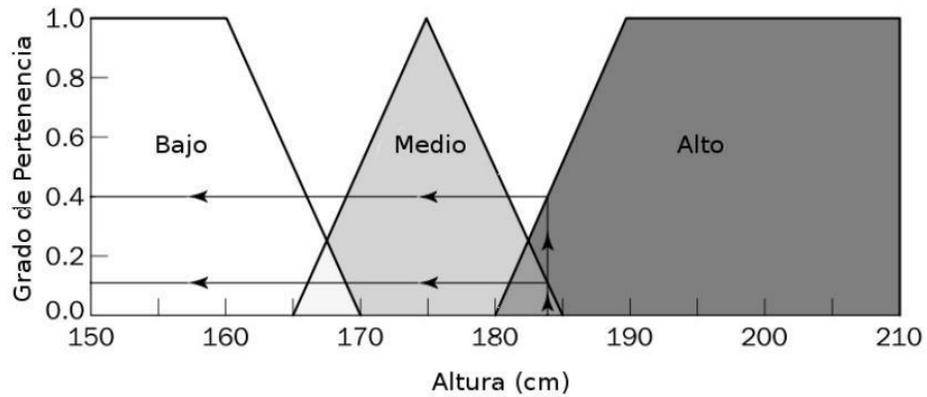
---

<sup>44</sup> MARTINEZ VALENCIA, Jorge Luis. Diseño y desarrollo de un sistema de medición y monitoreo remoto enfocado al uso doméstico. [En línea] [Citado el: 3 de Marzo de 2017.] <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5735/6213822M385.pdf?sequence=1>.

<sup>45</sup> RAMÍREZ RAMOS, Osvaldo. Simulación en simmechanics de un sistema de control difuso para el robot udlap. Cholula, Puebla : s.n., 2008, 3.

<sup>46</sup> GONZÁLEZ MORCILLO, Carlos. Lógica Difusa. Una introducción práctica. Técnicas de Softcomputing.

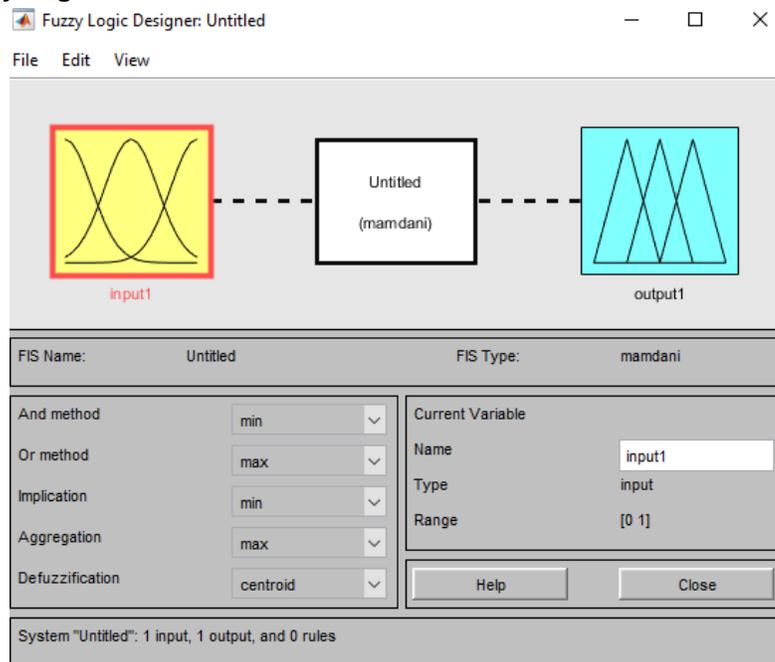
**Figura 9. Ejemplo de un conjunto difuso.**



**Fuente:** [http://www.esi.uclm.es/www/cglez/downloads/docencia/2011\\_Softcomputing/LogicaDifusa.pdf](http://www.esi.uclm.es/www/cglez/downloads/docencia/2011_Softcomputing/LogicaDifusa.pdf)

Este control puede ser simulado haciendo uso de la herramienta Fuzzy Logic Toolbox de Matlab, el cual se muestra en la Figura 10.

**Figura 10. Fuzzy Logic.**



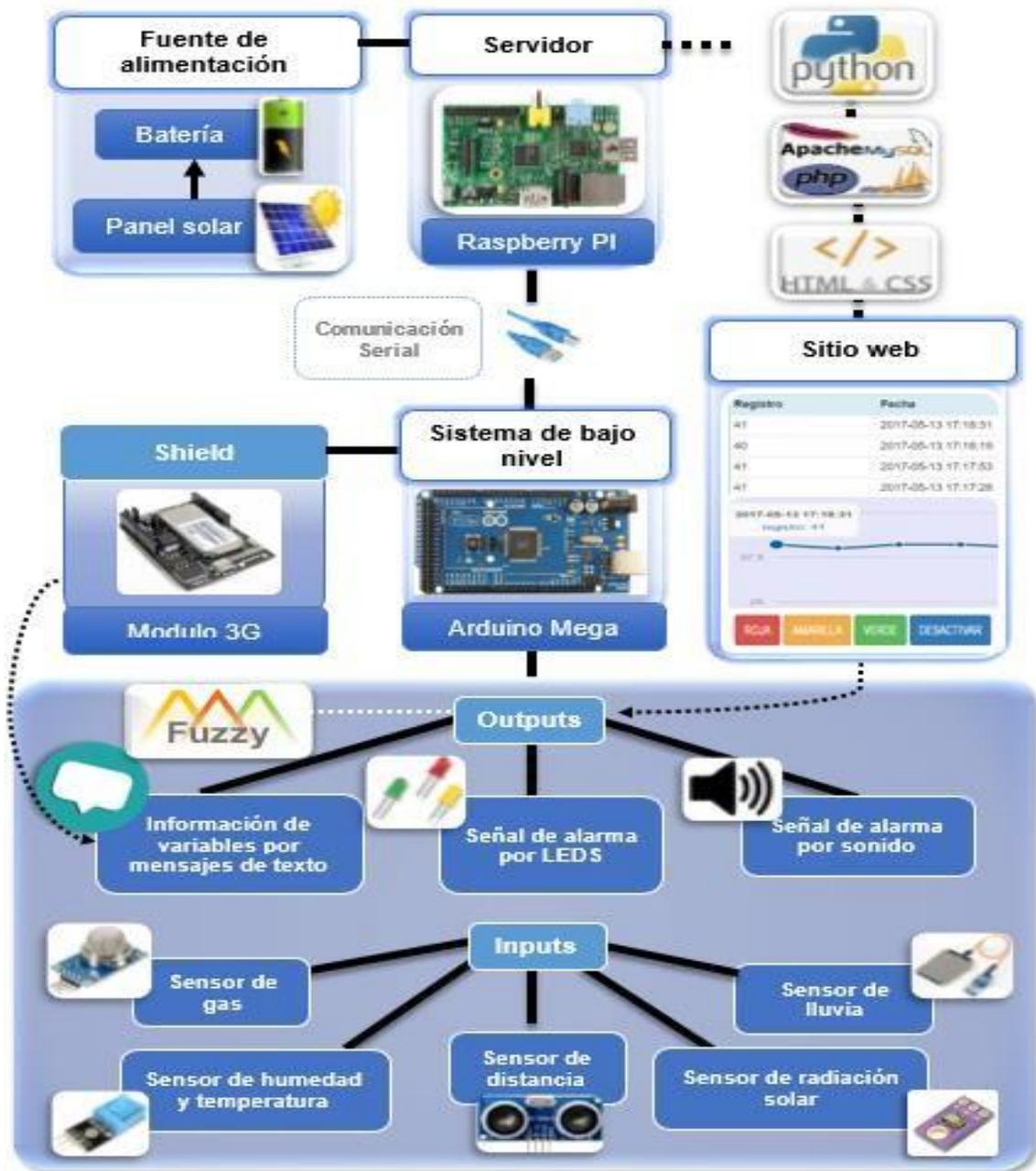
**Fuente:** Autor.

La herramienta de Fuzzy Logic permite definir variables de entrada y salida las cuales se muestran de color amarillo y azul claro correspondientemente, además permite agregar reglas, generar gráficos, entre otras cosas.

### 3. DESARROLLO INGENIERIL

En este capítulo se exponen los cuatro módulos en los que se desarrolló el proyecto, los cuales son: El servidor, el sistema embebido de bajo nivel, el sitio web y la fuente de alimentación. En la Figura 11 se observa la integración y componentes de cada módulo.

Figura 11. Módulos del sistema.



Fuente: Autor.

### 3.1 SISTEMAS EMBEBIDOS

Los sistemas embebidos son dispositivos destinados a desempeñar funciones específicas y que requieren un mínimo de consumo energético. Para la selección del sistema embebido se tendrá en cuenta el desempeño, la facilidad de implementación, la fácil adquisición y el costo. A continuación, se presentan algunos sistemas embebidos de alto desempeño (ver. Tabla 4.)

**Tabla 4. Sistemas embebidos de alto nivel.**

<b>Sistema embebido</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Raspberry Pi</b> <sup>47</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es catalogada como un mini ordenador sin embargo consume menos potencia que uno.</li> <li>- Es más completa que la mayoría de las placas Arduino.</li> <li>- Cuenta con un lector de micro SD en el que se instala un sistema operativo.</li> <li>- Cuenta con variedad de tipos de puertos como USB, HDMI, Ethernet, entre otros.</li> <li>- Puede ser programada en Scratch, IDLE, Python, QTCreator, entre otros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La Raspberry pi no cuenta con pines analógicos, ni PWM, por lo que es difícil la implementación de sensores.</li> <li>- Para ser usada se necesitan de varios implementos como una memoria, un cargador, periféricos como monitor, teclado y mouse.</li> </ul>
<b>Intel Galileo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No solo es compatible con el software de Arduino, sino que también con sus shields.</li> <li>- Tiene memoria y potencia de procesamiento que permite manejar grandes cantidades de sensores.</li> <li>- Cuenta con pines analógicos, digitales y PWM.</li> <li>- Cuenta con puerto ethernet.</li> <li>- Puede ejecutar un sistema operativo basado en Linux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es casi el doble de costosa que la Raspberry pi.</li> <li>- No tiene soporte para audio y video</li> <li>- No cuenta con puertos USB.</li> <li>- Poca documentación.</li> </ul>

<sup>47</sup> «RASPERRY PI,» [En línea]. Available: <http://www.raspberrypi.org/>. [Último acceso: 02 Diciembre 2016].

Sistema embebido	Ventajas	Desventajas
<b>PcDuino</b> 48	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Existen varios modelos de PcDuino.</li> <li>- Soporta sistemas operativos como Ubuntu y Android.</li> <li>- Se puede programar en C, C++, Java, Python, Arduino, entre otros.</li> <li>- Velocidad de procesamiento alto.</li> <li>- Cuenta con varios pines de entrada y salida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiene un poco de dificultad al programar.</li> <li>- Puede ser más costosa que otras placas.</li> <li>- Es menos comercial, por lo tanto es de difícil adquisición.</li> </ul>

El sistema embebido de alto nivel seleccionado es la Raspberry Pi ya que es de fácil programación, es menos costosa que las otras placas, es más comercial y es fácil encontrar documentación en internet, además de los proyectos que ya han sido realizado por usuarios usando Raspberry y Arduino.

### 3.2 MÓDULO 1: SERVIDOR WEB: RASPBERRY PI MODELO B

La Raspberry PI es un ordenador con dimensiones reducidas y de bajo costo, el cual utiliza arquitectura ARM y funciona con sistemas operativos Linux como Raspbian, Pidora, entre otros.<sup>49</sup> Para su utilización es necesaria una micro SD de al menos 8GB para instalar el sistema operativo, un monitor, un teclado, un ratón, un cargador o fuente de 5V que entregue una corriente de al menos 1A y otros elementos como cables de conexión y adaptadores entre los dispositivos.

El modelo B utiliza un procesador Broadcom BCM2835, un chip ARM11 a 700MHz, una RAM de 512 MB, Broadcom Video Core IV GPU para la reproducción de videos en alta definición 1080p, cuenta con salida de audio con un mini Jack y de video compuesto, un puerto HDMI, un puerto ethernet 10/100, dos puertos USB, un puerto micro USB para alimentación y ranura para tarjeta SD. En la Figura 12 se muestra la ubicación de algunos elementos.<sup>50</sup>

---

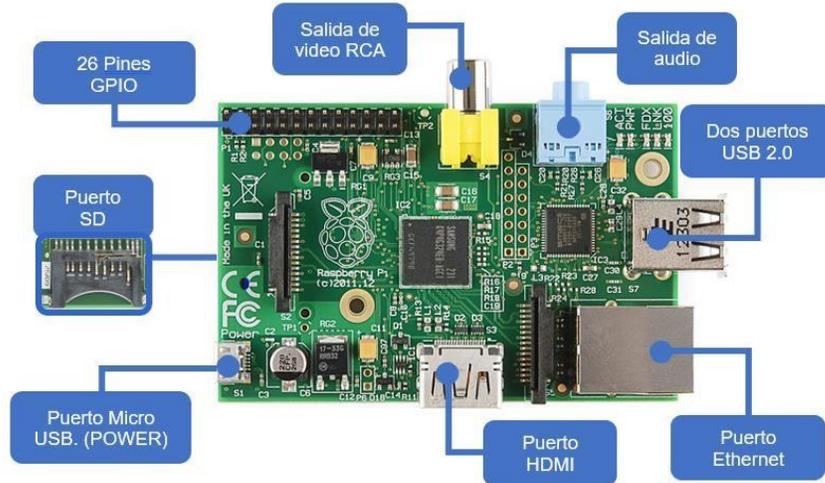
<sup>48</sup> GUANO CHICAIZA, Marco Santiago y SEVILLA RIOFRÍO, Alexis Wladimir. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA RÓBOTICA PARA EXTERIORES TELEOPERADA, PARA EL LABORATORIO DE MANUFACTURA. SANGOLQUÍ : s.n., 2015.

<sup>49</sup> REDESZONE. [En línea] [Citado el: 23 de Febrero de 2017.] <https://www.redeszone.net/raspberry-pi/>.

<sup>50</sup> PABLO F. IGLESIAS. PabloYglesias. [En línea] [Citado el: 23 de Febrero de 2017.] <https://www.pabloyglesias.com/todo->

lo-que-deberias-saber-sobre-raspberry-pi/

**Figura 12. Arquitectura de la placa Raspberry PI Modelo B.**



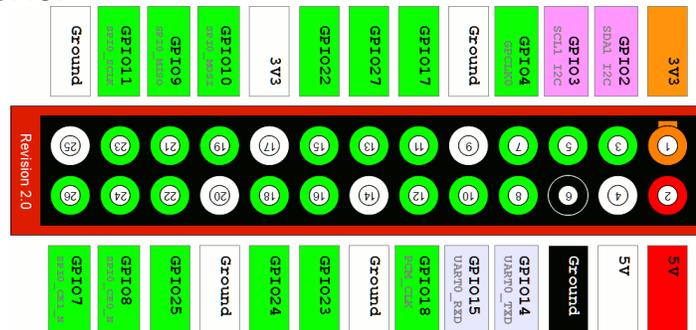
**Fuente:** SPARKFUN. En línea: <https://www.sparkfun.com/products/retired/11546> Citado el 25 de Febrero de 2017.

Los 26 pines GPIO (General-purpose input output) están integrados en la Raspberry PI para la comunicación con otros dispositivos como sensores y actuadores, estos pines pueden configurarse como de entrada o salida y entregar un valor “HIGH” con 3.3V o “LOW” con 0V. Además, se pueden programar de dos formas diferentes:

- **Numeración GPIO BCM:** Este tipo de numeración utiliza el GPIO correspondiente y se necesita una tabla de referencia puesto que esta numeración no tiene un orden y se establece usando el comando `GPIO.setmode(GPIO.BCM)`.
- **Numeración GPIO BOARD:** Esta numeración está establecida por la ubicación física de los pines y se establece usando `GPIO.setmode(GPIO.BOARD)`

En la Figura 13 se muestran los dos tipos de numeraciones y la ubicación correspondiente en la Raspberry PI Modelo B Revisión 2.

**Figura 13. Pines GPIO.**



**Fuente:** RASPBERRY PI – SPY. En línea: <http://www.raspberrypi-spy.co.uk/2012/06/simple-guide-to-the-rpi-gpio-header- and-pins/> Citado el 25 de Febrero de 2017.

Esta Raspberry modelo B consta de 8 E/S digitales, una consola UART serial compuesta de los GPIO 14(TX) Y 15(RX), I2C en los pines 9, 10 y 11, SPI en los pines 7 y 8, y dos pines de alimentación para 3.3V, 5V y cinco pines para tierra.<sup>51</sup>

### 3.2.1 Base de datos.

Para la creación de la base de datos se instaló MySQL, se determinó el usuario y la contraseña para poder acceder a la base de datos, igualmente para phpMyAdmin. Las modificaciones de la base de datos se pueden hacer mediante código o directamente en la página de phpMyAdmin a la cual se puede acceder digitando en el navegador localhost/phpmyadmin y en otros navegadores se ingresa digitando la IP de la Raspberry Pi. En la Figura 14 se observa la página de inicio de phpMyAdmin en la cual se introducen el usuario y la contraseña establecida.

Figura 14. Página de bienvenida de phpMyAdmin.



The image shows the phpMyAdmin login interface. At the top, there is a logo for phpMyAdmin and the text "Bienvenido a phpMyAdmin". Below this, there is a language selection dropdown menu labeled "Idioma - Language" with "Español - Spanish" selected. Underneath, there is a "Iniciar sesión" button. The login form consists of two input fields: "Usuario" with the value "root" and "Contraseña" with a masked password ".....". A "Continuar" button is located at the bottom right of the form.

Fuente: Autor.

Al ingresar se procede a la creación de una base de datos en este caso se le asignó el nombre de 'monitoreo' como se observa en la Figura 15.

---

<sup>51</sup> DIY MAKERS. diymakers. [En línea] 21 de Julio de 2014. [Citado el: 25 de Febrero de 2017.] <http://diymakers.es/usando-el-puerto-gpio/>.

Figura 15. Creación de la base de datos 'monitoreo'.

## Bases de datos



Fuente: Autor.

Luego se crea una tabla la cual se nombra como 'sensores' y solo se ingresan los nombres de los sensores y un número identificador para cada uno de ellos. En la Figura 16 se observa la tabla creada.

Figura 16. Tabla de 'sensores'.

	id_sensor	sensor
<input type="checkbox"/> Editar <input type="checkbox"/> Copiar <input type="checkbox"/> Borrar	1	dht11
<input type="checkbox"/> Editar <input type="checkbox"/> Copiar <input type="checkbox"/> Borrar	2	distancia
<input type="checkbox"/> Editar <input type="checkbox"/> Copiar <input type="checkbox"/> Borrar	3	lluvia
<input type="checkbox"/> Editar <input type="checkbox"/> Copiar <input type="checkbox"/> Borrar	4	gas
<input type="checkbox"/> Editar <input type="checkbox"/> Copiar <input type="checkbox"/> Borrar	5	radiacion

Fuente: Autor.

Luego se creó la tabla de la Figura 17, para el ingreso de los valores de los sensores, en este caso la tabla se llama 'registro' y consta de las siguientes columnas:

- **Columna id\_registro:** Esta columna corresponde a la llave primaria como se observa en la columna de Índice, ya que es una llave y no va a haber un registro igual, se debe poner como auto incrementable.
- **Columnas registro 1 y registro 2:** En estas columnas se guardan los valores registrados por los sensores los cuales son: humedad y temperatura en grados centígrados, entrada analógica del sensor de lluvia y un mensaje, registro de nivel de agua, variable analógica del sensor de gas y mensaje, registro de radiación, se determinan como tipo VARCHAR para el registro de sensores puesto que en Python se estableció como tipo String la lectura del monitor serie de Arduino.
- **Columna fecha:** En esta columna se visualiza la fecha de cada registro, se estableció el tipo 'TIMESTAMP' ya que permite el formato de fecha y predeterminado 'CURRENT\_TIME' el cual entrega la fecha de forma automática.
- **Columna id\_sensores:** Esta columna es la foránea con la tabla sensores, es decir, es el constrain que establece la relación entre la tabla de monitoreo y sensores.

**Figura 17. Creación de la tabla registro.**

Nombre de la tabla:  Agregar  columna(s)

Estructura									
Nombre	Tipo	Longitud/Valores	Predeterminado	Cotejamiento	Atributos	Nulo	Índice	A_I	Comentarios
id_registro	INT		Ninguno			<input type="checkbox"/>	PRIMARY	<input checked="" type="checkbox"/>	
registro1	VARCHAR	20	NULL			<input checked="" type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>	
registro2	VARCHAR	20	NULL			<input checked="" type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>	
fecha	TIMESTAMP		CURRENT_TIME			<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>	
id_sensores	INT		Ninguno			<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>	

Fuente: Autor.

### 3.2.2 Comunicación entre Arduino, Raspberry pi y base de datos.

La Raspberry pi modelo B recibe los datos obtenidos por el programa realizado en Arduino por medio de Python a través del puerto serial. Para lograr la comunicación entre el software Arduino y Python se debió descargar en la Raspberry la librería serial-python. A continuación, se describen los ítems necesarios para la lectura e ingreso de datos.

1. **Importación de librerías:** Para la comunicación del programa de python con Arduino es necesario importar tres librerías con las sintaxis import time, import serial e import mysql.connector como se observa en la Figura 18.

- **Time:** Esta librería es la encargada de los tiempos y se debe importar en cualquier programa puesto que sin esta no se podrían poner retrasos, en este caso se hace necesaria puesto que se necesita un poco de tiempo para abrir el puerto serie.
- **Serial:** Esta librería se encarga de la comunicación serial entre los dos softwares y debe ser descargada previamente insertando 'python -m pip install PySerial' en el terminal.
- **mysql.connector:** Esta librería permite la conexión a la base datos previamente creada. Para usarla se utiliza la línea de comando mysql.connector.connect('usuario', 'contraseña', 'host', 'base de datos'), en donde usuario y contraseña son las credenciales establecidas en la instalación de mysql, host habitualmente es 127.0.0.1 y por último es el nombre la base de datos creada para el almacenamiento. De esta manera la línea de comando se ingresa así:

```
mysql.connector.connect (user="root", password="*****", host="127.0.0.1", database="monitoreo").
```

**Figura 18. Librerías y configuración para python.**

```
import time
import serial
import mysql.connector

ser=serial.Serial('/dev/ttyACM0',115200,timeout=1)
time.sleep(2)
con=mysql.connector.connect(user="root",password="*****",host="127.0.0.1",database="monitoreo")
cursor=con.cursor()
```

**Fuente:** Autor.

**2. Comunicación con Arduino:** Para ello se debe usar la línea `serial.Serial('puerto', baudrate, timeout)`. Habitualmente el Arduino se identifica con el nombre de puerto 'ttyACM0' sin embargo, se debe rectificar en el fichero 'dev'; el baudrate está por defecto en 9600 aunque puede ser cambiado, además para hacer uso del módulo 3G, Arduino debe configurarse en 115200; y `timeout` para determinar el tiempo de espera de lectura. En conclusión, la línea código se inserta de la siguiente manera: `serial.Serial('/dev/ttyACM0', 115200, timeout=1)`.

**3. Lectura de datos:** La lectura de los datos de Arduino se basa principalmente en el comando `ser.readline().decode('cp1252')`, el cual se compone de tres partes: la primera 'ser', la cual es la variable asignada para la comunicación con Arduino y que tiene la línea de código anteriormente descrita; la segunda 'readline()', que se encarga de leer las líneas que se generan en el monitor serie de Arduino y la tercera `decode('cp1252')`, la cual limpia la información puesto que la lectura trae consigo símbolos del software de Arduino que dificultan la lectura.

**4. Ingreso de datos a la base de datos:** Para ingresar valores en una base de datos se agrega un cursor el cual se utiliza para recorrer los registros de una consulta y se crea con la línea `con.cursor()`, siendo 'con' la variable que contiene la conexión con la base de datos.

Luego se ingresa la línea de código `cursor.execute("INSERT INTO nombre de la tabla (columna 1,columna 2, ...,columna n) values ('valor 1, valor 2, ..., valor n');")` y se confirma la solicitud con `con.commit()`.

Los datos que se ingresan en 'valor' es el id con que se identifica cada sensor y la lectura de sensores que se desea ingresar, si el dato es de tipo int no necesita comillas, mientras que si es de tipo string se debe hacer uso de comillas.

En la Figura 19 se observa la lectura que se realiza al monitor serial de Arduino para el ingreso de la lectura del sensor de distancia. Primero se insertó una condición para la lectura del monitor, si se verifica que la lectura que se recibe del monitor serial corresponde con el nivel del agua, el programa procede a insertar los datos en la base de datos de lo contrario pasara a leer las demás variables.

**Figura 19. Lectura de Arduino e ingreso a la base de datos con Python.**

```

distancial=ser.readline().decode('cp1252')
print(distancial)
DISTANCIA=('vel' in distancial)
if DISTANCIA==True:
    print("leyendo nivel de agua")
    distancia=ser.readline().decode('cp1252')#Lectura de la distancia
    distancia=str(distancia)
    print('Distancia cm:'+distancia)
    cursor.execute("INSERT INTO registro (id_sensor,Registro1) values(2,'" +distancia+"');")
    con.commit()

```

Fuente: Autor.

### 3.3 MÓDULO 2: SISTEMA DE BAJO NIVEL.

El sistema de bajo nivel es el encargado de realizar los registros de los sensores, realizar envío y recepción de mensajes de texto y generar las alertas por medio con el uso de lógica difusa. A continuación, se presentan algunos sistemas de bajo nivel que permitirían realizar este tipo de funciones (Ver. Tabla 5)

**Tabla 5. Sistemas de bajo nivel.**

Sistema de bajo nivel	Ventajas	Desventajas
<b>Arduino</b> <sup>52</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entorno de desarrollo simple y de fácil programación.</li> <li>- Software de código abierto, bastante información en la web, ejemplos y librerías.</li> <li>- Bajo costo en comparación con otras placas y son las más comerciales.</li> <li>- Existen variedad de placas como Arduino Uno, Leonardo, Mega, entre otras, las cuales son compatibles con shields que se comportan como extensiones de esta.</li> <li>- Es multi-plataforma. Arduino IDE se puede implementar en Windows, Macintosh OSX y Linux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Shields costosas.</li> </ul>

<sup>52</sup> MONICO, Jackelyn. Diferentes clases de arduino. [En línea] 16 de Mayo de 2016. [Citado el: 04 de Abril de 2017.] <http://diferentesclasesdearduino1612.blogspot.com.co/>

<b>Sistema de bajo nivel</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Microcontrolador<sup>53</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es muy pequeño.</li> <li>- Existen varios softwares en los que se pueden programar.</li> <li>- Gran variedad de microcontroladores en el mercado.</li> <li>- Se pueden grabar de diferentes maneras, frecuentemente se usan plaquetas grabadoras las cuales son muy comerciales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Su programación es más compleja que con el software de Arduino.</li> <li>- El código es extenso puesto que llama varias funciones para realizar una sola tarea.</li> <li>- Algunas veces los PIC no son tan económicos y pueden dañarse fácilmente.</li> </ul>
<b>Launchpad Texas<sup>54</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Existe una plataforma llamada Energía la cual es muy similar a Arduino IDE,</li> <li>- Es muy económica.</li> <li>- Se pueden conectar fácilmente sensores, motores, displays, entre otros.</li> <li>- Los pines son configurables, es decir que pueden ser digitales, analógicos o puertos seriales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se programa a través de Code Composer Studio de Texas Instruments, por lo tanto, se programa en lenguaje ensamblador.</li> <li>- No tiene shields.</li> <li>- Poca información y la mayoría en inglés.</li> </ul>

Se decidió implementar una placa embebida de la familia de Arduino considerando que se desea realizar un sistema de bajo costo y estos embebidos son los más económicos del mercado, además se puede encontrar fácilmente documentación y cuentan con shields adaptables a las diferentes placas lo que favorece a futuras modificaciones del proyecto, además estos embebidos son programables en el software Arduino IDE el cual es libre y sencillo.

---

<sup>53</sup> Gigatecno. [En línea] [Citado el: 30 de Mayo de 2017.] <http://gigatecno.blogspot.com.co/2013/02/ventajas-y-desventajas-de-los.html>.

<sup>54</sup> MENDOZA, Diego. Taringa. [En línea] [Citado el: 30 de Mayo de 2017.] <http://www.taringa.net/posts/hazlo-tu-mismo/17477034/Arduino-Vs-Launchpad-MP430-Vs-Launchpad-Tiva.html>

### 3.3.1 Arduino Mega 2560.

La placa embebida Arduino Mega es el sistema embebido seleccionado para registrar los datos de los diferentes sensores puesto que cuenta con mayor cantidad de pines que el Arduino Uno, Arduino Leonardo y en general los sistemas embebidos del mercado a excepción de la placa Arduino Due la cual es más costosa y cuenta con igualdad de pines. Esta placa permite conectar todos los sensores y expandir el proyecto si se requiere, en la Figura 20 se observa la placa Arduino Mega la cual contiene con un microcontrolador AT2560 de 8 bits, un oscilador de 16MHz, una memoria flash de 256KB de los cuales se utilizan 8KB para el arranque, SRAM de 8KB y EEPROM de 4KB.

**Figura 20. Arduino MEGA 2560.**



**Fuente:** Papuro.pe En línea: <https://paruro.pe/productos/tarjetas-de-desarrollo/tarjetas-de-microcontroladores/arduino-mega-2560-rev-3> Citado el 15 de Enero de 2017.

Esta placa cuenta con 16 pines analógicos (A0 a A15) y 54 pines digitales E/S los cuales operan a 5V y pueden proporcionar o recibir 20ma o máximo 40ma, de estos pines digitales 16 específicamente del 2 al 13 y del 44 al 46 se pueden utilizar como salidas PWM de 8 bits.

También cuenta con 4 UARTs para la recepción (RX) y transmisión de datos(TX) TTL los cuales se ubican en los pines 0, 1; 19, 18; 17, 16; y 15, 14, para otro tipo de comunicación como SPI se encuentran los pines 50(MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK) y 53 (SS), además se pueden realizar interrupciones externas configurando los pines 2, 3, 18, 19, 20 y 21, también cuenta con comunicación I2C/TWI en los pines 20(SDA) y 21(SCL).

La placa puede ser alimentada de tres formas diferentes la primera es a través de un conector USB a 5 Voltios, la segunda es con la utilización del conector de alimentación CC y por último a través del pin VIN, hay que recordar que el voltaje que se debe suministrar si se utilizan las últimas formas mencionadas es de 7 a 12 voltios, debido a que la placa Arduino MEGA 2560 opera con un voltaje de 6 a 20 voltios, no obstante, se recomienda trabajar desde los 7 voltios para que la tarjeta no se vuelva

inestable y no sobrepasar los 12 voltios puesto que el regulador de voltaje se puede sobrecalentar y dañar la placa.<sup>55</sup>

#### □ **Accesorios para Arduino (SHIELDS).**

Los módulos o shields son placas con funciones concretas adaptadas a los diferentes módulos de Arduino con el fin de ampliar los usos que se les puedan dar a estos. Estas placas pueden ser apilables, es decir, que se coloca una encima de la otra y existen para variedad de aplicaciones como el control de motores, conexión con sensores y actuadores o la comunicación inalámbrica Xbee, bluetooth y 3G, entre otros.

#### **3.3.2 Módulo 3G: SIM 5218E.**

El módulo 3G con el que se cuenta es una Shield desarrollada por Cooking Hacks que puede ser adaptada en Arduino o en Raspberry. En la Figura 21 se observa el Módulo 3G.

**Figura 21. Módulo 3G.**



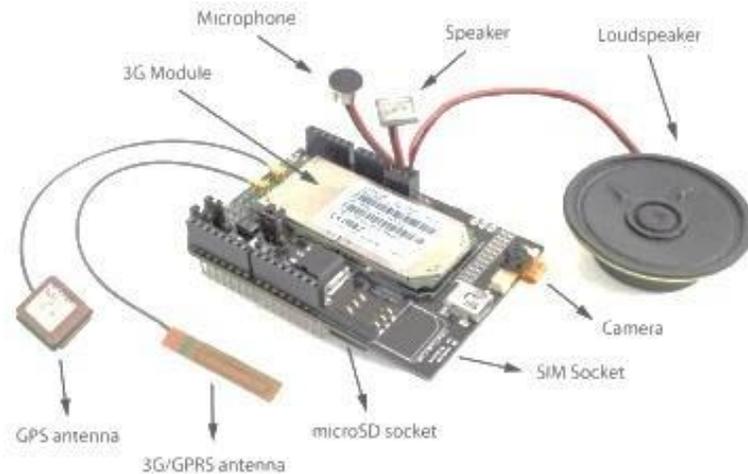
**Fuente:** UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. En línea: [http://oa.upm.es/34705/1/PFC\\_david\\_okumura\\_bran.pdf](http://oa.upm.es/34705/1/PFC_david_okumura_bran.pdf) Citado el 25 de Abril de 2017.

La Shield permite el uso de GPS, cámara de video, micrófono, altavoz, manos libres y auriculares, envío de mensajes de textos, llamadas y navegación en internet, y cuenta con una ranura SD para una memoria en la cual se puede guardar la información o reproducirla. En la Figura 22 se observa el módulo con los diferentes accesorios.

---

<sup>55</sup> ARDUINO. [En línea] [Citado el: 15 de Enero de 2017.] <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>.

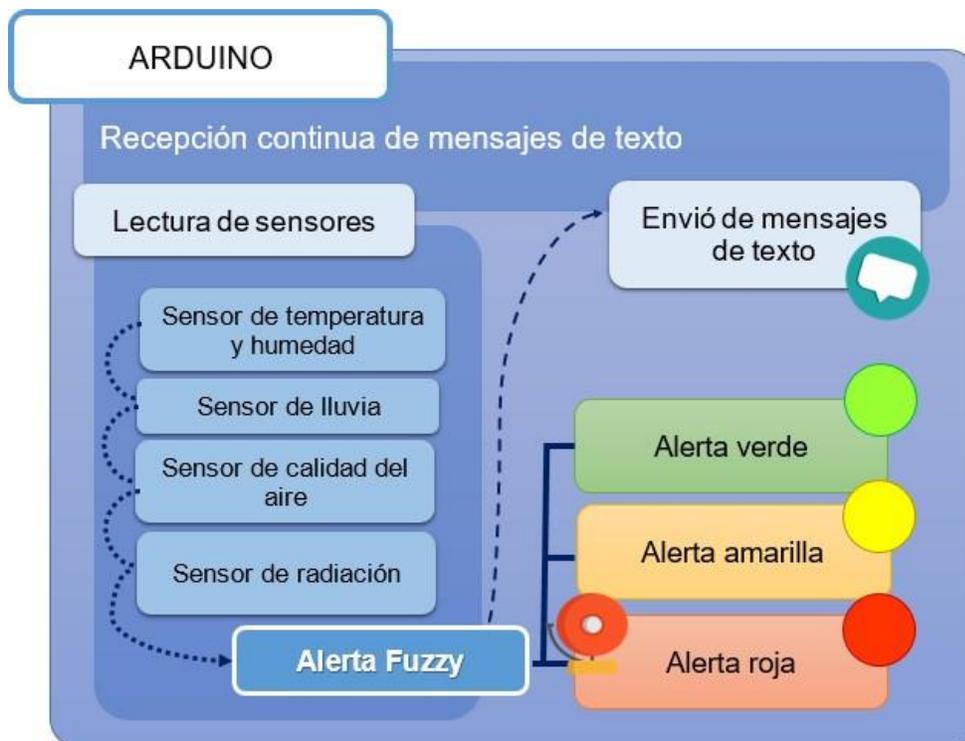
**Figura 22. Accesorios del módulo 3G**



**Fuente:** UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. En línea: [http://oa.upm.es/34705/1/PFC\\_david\\_okumura\\_bran.pdf](http://oa.upm.es/34705/1/PFC_david_okumura_bran.pdf)  
Citado el 25 de Abril de 2017.

En la Figura 23 se observa un diagrama general de los sketch integrados en la plataforma de Arduino en los que se realiza la toma de datos de sensores, la recepción y envío de mensajes de textos y la generación de alarma por Fuzzy.

**Figura 23. Programación en Arduino.**



**Fuente:** Autor.

### 3.3.3 Recepción y envío de mensajes de texto.

Como se observó, en el sketch principal se sitúa el código para el envío y recepción de mensajes, el cual es un código fuente tomado directamente de la página de Cooking Hacks y que fue modificado para lograr el objetivo del proyecto. Este código utiliza los comandos Hayes o AT denominación que viene de attention, son instrucciones codificadas desarrolladas en 1977 por Dennis Hayes, estos comandos son los más utilizados como lenguaje de comunicación para realizar la comunicación con módems y cualquier tipo de tecnología GMS.<sup>56</sup> En el Anexo A se observa el envío y recepción de mensajes de texto a través de Hyperterminal.

Algunos de los comandos utilizados son:

- **AT:** Confirma la utilización de los comandos AT.
- **AT+CMGF=1:** Modo mensajes de texto
- **AT+CMGS="+57\*\*\*\*\*":** Envío de mensajes de texto al número indicado.
- **AT+CPMS="SM":** Selección de memoria (SIM).
- **AT+CMGD=0:** Selección del mensaje número cero.

### 3.3.4 Sensores.

Los sensores son dispositivos que permiten la percepción del ambiente por medio de señales que pueden ser digitales, es decir, que su salida solo se obtiene en dos estados por ejemplo 1 y 0, y señales analógicas que pueden tomar cualquier valor en un rango de datos.

Las placas de Arduino a través de su entorno de desarrollo de código abierto Arduino IDE permiten crear software que posibilitan la obtención de datos de dispositivos como sensores e interruptores y controlar otros como motores o leds. Algunos de los comandos indispensables para el desarrollo en Arduino y para la lectura de sensores son:

- **pinMode (pin, modo):** Configura el pin seleccionado como entrada "INPUT" o salida "OUTPUT".
- **digitalWrite (pin, valor) y analogWrite (pin, valor):** Asigna un valor a un pin. En el caso de los pines digitales los valores serán "HIGH" (5V) o "LOW" (0V) y en los pines analógicos se les asigna un valor PWM de 0 a 255 con una frecuencia alrededor de los 490HZ

---

<sup>56</sup> La vida de un informático. [En línea] Enero de 2011. [Citado el: 28 de Abril de 2017.] <http://vidainformatico.blogspot.com.co/2011/01/manipulando-un-celular-via-comandos-at.html>.

- **digitalRead (pin) y analogRead (pin):** Lee el valor de un pin. Los pines digitales se interpretan como “HIGH” o “LOW” y en los pines analógicos lee el valor de la tensión que recibe el pin que puede ser de 0 a 5 voltios y puede ser interpretada como un número entero de 0 a 1023.<sup>57</sup>

Para este proyecto se usarán sensores de temperatura, humedad relativa, sensores de gas y de radiación solar. Para la selección se tendrán en cuenta factores como la precisión, el costo, la facilidad de adquisición y de implementación.

### 3.3.4.1 Sensor de temperatura y humedad relativa.

Las variables de temperatura y humedad relativa son esenciales para detectar tiempos de lluvia o sequía. En la Tabla 6 se presentan algunos sensores de temperatura y humedad.

**Tabla 6. Sensores de humedad y temperatura.**

<b>Nombre del sensor</b>	<b>Características</b>
<b>LM335<sup>58</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es de bajo costo.</li> <li>- Funciona con una corriente entre de 400 mA a 5 mA. Tiene alta precisión de 1°C (+ - 0.5 con calibración).</li> <li>- Es fácil de calibrar y está calibrado en grados Kelvin, tiene una salida lineal de 10mV/°K. Opera desde -40°C a 100°C (233.15°K a 373.15°K).</li> <li>- No obtiene valores de humedad relativa.</li> </ul>
<b>LM35<sup>59</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es de bajo costo.</li> <li>- Tiene una precisión calibrada de 1 °C.</li> <li>- Opera desde -55 °C hasta 150 °C</li> <li>- Su salida es lineal y analógica, cada grado Celsius equivale a 10 mV</li> <li>- Opera desde los 4v hasta los 30v.</li> <li>- No obtiene valores de humedad relativa.</li> </ul>

<sup>57</sup> Universidad de Cádiz. UCA. [En línea] 2011. [Citado el: 20 de Febrero de 2017.] [http://www.uca.es/recursos/doc/Unidades/Unidad\\_Innovacion/Innovacion\\_Docente/ANEXOS\\_2011\\_2012/22232441\\_310201212102.pdf](http://www.uca.es/recursos/doc/Unidades/Unidad_Innovacion/Innovacion_Docente/ANEXOS_2011_2012/22232441_310201212102.pdf).

<sup>58</sup> «Vistronica,» [En línea]. Available: <https://www.vistronica.com/sensores/temperatura/sensor-de-temperatura-lm335-detail.html>. [Último acceso: 12 Diciembre 2016].

<sup>59</sup> «Vistronica,» [En línea]. Available: <https://www.vistronica.com/sensores/temperatura/lm35-sensor-de-temperatura->

detail.html. [Último acceso: 12 Diciembre 2016].

Nombre del sensor	Características
<b>DHT22</b> o <b>RHT03.</b> <sup>60</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El sensor esta calibrado y no requiere componentes adicionales.</li> <li>- Es de tipo capacitivo.</li> <li>- Opera entre los 3.3v y 6v.</li> <li>- No se necesitan componentes adicionales.</li> <li>- Tiene excelente estabilidad a largo plazo.</li> <li>- Tiene un rango de temperatura entre los -40°C a 80°C con una precisión de <math>\pm 0.5^{\circ}\text{C}</math></li> <li>- Su rango de humedad es de los 0 a 100% RH con precisión de <math>\pm 5\% \text{RH}</math></li> <li>- Tiene una distancia de transmisión de hasta 10m.</li> <li>- Tiene una salida digital.</li> <li>- Es más costoso que la mayoría de los sensores MQ y no es muy comercial.</li> </ul>
<b>DHT11.</b> <sup>61</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El sensor esta calibrado y no requiere componentes adicionales.</li> <li>- Es de tipo capacitivo.</li> <li>- Es un sensor de bajo costo.</li> <li>- Toma datos cada 2 segundos.</li> <li>- Opera entre los 3v y 5v.</li> <li>- No se necesitan componentes adicionales.</li> <li>- Mide temperaturas entre los 0°C a 50°C con una precisión de <math>\pm 0.2</math></li> <li>- Mide humedad relativa entre los 20% a 90%RH.</li> <li>- Tiene una salida digital.</li> <li>- Estabilidad a largo plazo.</li> <li>- Bajo consumo de energía.</li> <li>Tiene una resolución de temperatura y humedad de 0.1°C y 1% RH respectivamente.</li> </ul>

Para realizar la medición de temperatura se seleccionó el sensor DHT11 puesto que es más económico y comercial que el sensor DHT22, por lo que es más fácil de adquirir, y sobre los sensores LM35 y LM335, ya que mide temperatura y humedad, además ofrece un amplio rango de medición y buena precisión sin componentes adicionales, asimismo tiene buena estabilidad a largo plazo y bajo consumo de energía. Una de sus desventajas es el tiempo que demora la toma de un dato ya que es de aproximadamente 2 segundos, sin embargo, no es necesaria una lectura de datos más rápida.

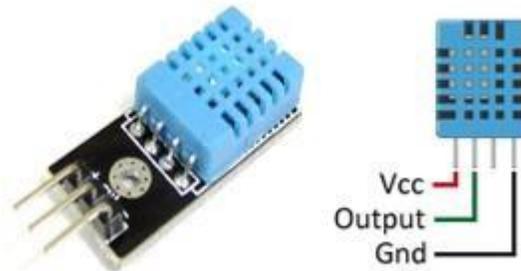
<sup>60</sup> tdrobotica. [En línea] [Citado el: 10 de Diciembre de 2016.] <http://tdrobotica.co/sensor-de-humedad-y-temperatura-rht03/148.html>.

<sup>61</sup> Vistronica. [En línea] [Citado el: 12 de Diciembre de 2016.] <https://www.vistronica.com/sensores/humedad/sensor-de-temperatura-y-humedad-dht11-detail.html>

Este sensor utiliza a su vez un sensor de humedad de tipo resistivo y un termistor para realizar las mediciones sobre el aire que lo rodea luego genera los datos a través de un pin que otorga una señal digital calibrada. En la Figura 24 se observa el módulo del sensor DHT11 el cual consta solo de tres patas (5V, OUT y Tierra) puesto que el sensor cuenta con una cuarta pata NC (No Conectar).

El sensor DHT11 opera de 3v a 5.5v máximo y de 0.2 a 2.5 mA, se recomiendan 5v para su uso, en stand-by puede disminuir a 100uA, mide temperaturas de 0°C a 50°C con una precisión de 2°C, asimismo mide humedad relativa en un rango de 20% a 90% RH con precisión de 5%.<sup>62</sup>

**Figura 24. Sensor de temperatura y humedad relativa DHT11.**



**Fuente:** SIGMA ELECTRONICA. En Línea: <http://www.sigmaelectronica.net/producto/dht11/>  
LUIS LLAMAS. En línea: <https://www.luisllamas.es/arduino-dht11-dht22/>. Citado el 12 de Enero de 2017.

### 3.3.4.2 Lectura del sensor de humedad y temperatura DHT11.

A continuación, se describen los pasos empleados para la adquisición de los datos de humedad y temperatura.

**1. Librería y declaración de variables:** Los sensores DHT cuentan con una librería incluida en el software de Arduino, la cual se debe incluir al comienzo del programa con el comando `#include "DHT.h"`, para definir el tipo de sensor que se está usando se debe digitar `#define DHTTYPE DHT11` y para hacer uso de este se determina un pin de uso por ejemplo `#define DHTPIN 7`, para finalizar se ejecuta el comando `DHT dht (DHTPIN, DHTTYPE)`.

**2. Obtención de datos:** La librería facilita la obtención de los datos registrados por el sensor por medio de los comandos `dht.readHumidity()` el cual lee los datos de humedad relativa en el ambiente y `dht.readTemperature` que devuelve el valor de la temperatura.

---

<sup>62</sup> SUNROM TECHNOLOGIES. robocraft.ru. [En línea] [Citado el: 12 de Enero de 2017.] <http://robocraft.ru/files/datasheet/DHT11.pdf>

En la Figura 25 se visualiza el código que permite al sensor dht11, la toma de datos de humedad relativa y temperatura en grados centígrados.

**Figura 25. Función para la lectura de humedad y temperatura.**

```
void dht11() {
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 6
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
dht.begin();
h = dht.readHumidity();
t = dht.readTemperature();
Serial.println("Humedad relativa: ");
Serial.println(h);
Serial.println("Temperatura: ");
Serial.println(t);
}
```

**Fuente:** Autor.

### 3.3.4.3 Sensor de distancia HC-SR04.

Existen variedad de sensores para la medición de distancias, sin embargo, el sensor ultrasónico HC-SR04 es el más popular puesto que es económico y alcanza a medir más distancia que otros sensores como los infrarrojos.

El sensor de ultrasonido HC-SR04 opera a un voltaje de 5v, tiene una frecuencia de operación de 20KHz a 40KHz y puede detectar a una distancia de 2cm a 450cm con una precisión de 0.3cm.<sup>63</sup>

Los sensores ultrasónicos son excepcionales en las aplicaciones relacionadas con la detección de objetos o mediciones de nivel, además no es necesario limpiarlos a menudo puesto que la superficie del sensor se limpia sola mediante vibración.<sup>64</sup> Estos sensores logran medir distancias por medio de ondas ultrasónicas, emitiendo una onda y midiendo el tiempo en que tarda en regresar la onda. De esta manera, se puede medir la distancia hasta en objetos transparentes puesto que las ondas ultrasónicas también se reflejan en vidrio o líquido, también logra medir la distancia aun cuando exista polvo o suciedad.<sup>65</sup>

---

<sup>63</sup> Vistronica. [En línea] [Citado el: 12 de Diciembre de 2016.] <https://www.vistronica.com/sensores/proximidad-y-distancia/sensor-de-ultrasonido-hc-sr04-arduino-detail.html>.

<sup>64</sup> Pepperl+Fuchs, S.A. PEPPERL+FUCHS. [En línea] [Citado el: 15 de Enero de 2017.] [http://www.pepperl-fuchs.es/spain/es/classid\\_182.htm](http://www.pepperl-fuchs.es/spain/es/classid_182.htm).

<sup>65</sup> KEYENCE. Guía de sensores para fábricas clasificados por principios. Fundamentos del sensor. [En línea] [Citado el: 15 de Enero de 2017.] <http://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/ultrasonic/info/>

El sensor ultrasónico HC-SR04 trabaja con una frecuencia de 40KHZ la cual es inaudible para el oído humano, puede medir distancias de 2 a 400 centímetros con una precisión de 3 milímetros sin embargo la resolución empieza a disminuir a partir de los 250 centímetro. Consta de 4 pines, VCC el cual debe ser conectado a 5V DC, GND a tierra, Trig (*Trigger*) el cual dispara la onda cuando recibe un pulso en el pin y Echo el cual emite un pulso cuando la onda reflectada es recibida por el sensor.<sup>66</sup>. En la Figura 26 se muestra el sensor de ultrasonido HC-SR04.

**Figura 26. Sensor ultrasónico HC-SR04.**



**Fuente:** BOT SHOP. En línea: <http://www.botshop.co.za/product/hc-sr04-ultrasonic-sensor/> Citado el 17 de Enero de 2017.

#### **3.3.4.4 Lectura del sensor de distancia HC-SR04.**

El sensor HC-SR04 es un sensor distancia que en este caso es utilizado para la medición del nivel agua, en la realización del programa en el cual se mide la distancia entre el sensor y el agua, se tuvieron en cuenta los siguientes ítems:

- 1. Declaración de variables:** Las variables necesarias para el desarrollo del programa son:
  - **Distancia y tiempo:** El objetivo del programa radica en encontrar estas dos variables, únicamente la variable de distancia es enviada a la Raspberry PI.
  - **Trig y Echo:** Estas dos variables hacen alusión a dos pines que tiene el sensor de distancia. Trig es la encargada de mandar el pulso ultrasónico por ello se configura como una salida (OUTPUT) y Echo es la que recibe dicho pulso por lo que es una entrada (INPUT).
- 2. Generación de un pulso ultrasónico:** Para ello se utiliza únicamente el pin Trig. Para empezar, se asegura que el pin no este activo (Trig, LOW), luego para generar el pulso se activa (Trig, HIGH) y finalmente se deja en su estado inicial desactivado (Trig, LOW).

---

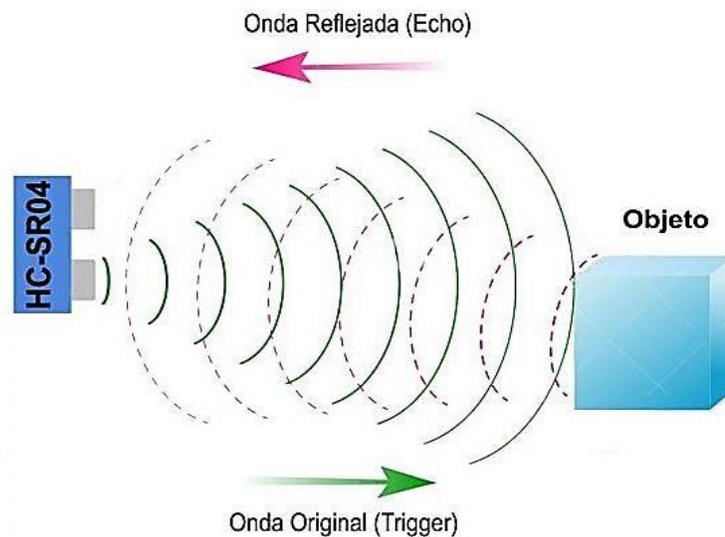
<sup>66</sup> DIOSDADO, RAÚL. Zona Maker. [En línea] [Citado el: 17 de Enero de 2017.] <https://www.zonamaker.com/arduino/modulos-sensores-y-shields/ultrasonido-hc-sr04>

**3. Toma de datos:** La variable tiempo se encuentra midiendo el tiempo que transcurre desde que se envía el pulso hasta que se recibe, es decir mientras que el sensor percibe la onda emitida, para ello se utiliza `pulseIn` un comando capaz de leer un pulso HIGH o LOW y determinar el tiempo en microsegundos que transcurre en el estado que se le indica, este comando utiliza dos tipos de sintaxis: `pulseIn(pin, value)` ó `pulseIn (pin, value, timeout)` en donde “pin” es el pin en el que se lee el pulso es decir “Echo”, “value” es el estado en el que se va a medir en este caso “HIGH” y “timeout” es el número de microsegundos para que se complete el pulso que por defecto es un segundo, si no se recibe la totalidad del pulso en ese tiempo el resultado será cero.<sup>67</sup>

En este caso se usó la primera sintaxis, es decir `pulseIn (Echo, HIGH)`.

Teniendo en cuenta que solo se requiere el tiempo de la distancia entre el sensor y el agua y no el tiempo total desde que se envía hasta que se recibe el pulso se divide el valor a la mitad. En la Figura 27 se muestra la realización del pulso.

**Figura 27. Modo de funcionamiento del sensor de distancia.**



**Fuente:** Zona Maker. En línea: <https://www.zonamaker.com/arduino/modulos-sensores-y-shields/ultrasonido-hc-sr04> Citado el 17 de Enero de 2017.

Por lo tanto:

$$d = \frac{t \cdot v}{2} \quad (3)$$

<sup>67</sup> «ARDUINO,» [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Reference/PulseIn>. [Último acceso: 20 Marzo 2017].

Donde v es velocidad. Despejando la variable distancia:

$$\frac{1}{2} \left( \frac{v}{c} \right)^2 \cdot \left( \frac{v}{c} \right) \cdot \left( \frac{v}{c} \right) \quad (4)$$

En vista de que las ondas ultrasónicas se propagaran por aire, se debe calcular la velocidad del sonido en el aire. La velocidad del sonido está dada por la ecuación (5)<sup>68</sup>:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma R T}{M}} \quad (5)$$

Donde  $\gamma$  es el coeficiente de dilatación adiabática, para el aire seco es de 1,403 a 0°C, de 1,4 a 20 °C y de 1,401 a 100°C<sup>69</sup>; R corresponde a la constante universal de los gases la cual es de 8,314472 J/K\* $\text{mol}$ ; T es la temperatura; y M el cual es el peso molecular del aire que en promedio es de 28.96 g/mol.<sup>70</sup>

Considerando que el coeficiente de dilatación adiabática no varía mucho en consecuencia de la temperatura y que esta podría estar en un promedio de 20°C se toma como 1,4 el valor de esta variable, los valores de la constante universal de los gases y del peso molecular tampoco tendrán variación alguna.

Coeficiente de dilatación adiabática  $\gamma=1,4$

Constante universal de los gases (R) = 8,314 J/  $\text{mol} \cdot \text{K}$  ó  $\text{Kg m}^2/\text{s}^2$

Peso molecular (M) = 28.96 g = 0.02896 Kg

$$v = \sqrt{\frac{1.4 \cdot 8.314}{0.02896}} \cdot \sqrt{T} = 20.05 \sqrt{T} \quad (6)$$

Sustituyendo en (5) la velocidad v encontrada en la ecuación (6), se obtiene la ecuación (7):

$$\frac{1}{2} \left( \frac{v}{c} \right)^2 \cdot \left( \frac{v}{c} \right) \cdot \left( \frac{v}{c} \right) \quad (7)$$

<sup>68</sup> hyperphysics. [En línea] [Citado el: 22 de Diciembre de 2016.] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Sound/souspe3.html>.

<sup>69</sup> Wikipedia. [En línea] [Citado el: 22 de Diciembre de 2016.] [https://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente\\_de\\_dilataci%C3%B3n\\_adiab%C3%A1tica](https://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_dilataci%C3%B3n_adiab%C3%A1tica).

<sup>70</sup> todoexpertos. [En línea] [Citado el: 22 de Diciembre de 2016.] <http://www.todoexpertos.com/categorias/ciencias-e-ingenieria/ingenieria-quimica/respuestas/1822582/peso-molecular-del-aire>

Sabiendo que:

$$T = T_0 + 273.15; \rho = 1000 \text{ kg/m}^3; \mu = 1000000 \text{ Pa}\cdot\text{s} \quad (8)$$

Sustituyendo (8) en (9):

$$\frac{1}{2} \rho \cdot 20.05 \sqrt{T_0 + 273.15} \left( \frac{L}{2} \right) \quad (9)$$

Como valor por defecto se tomará una temperatura de  $T = 20^\circ\text{C}$ , reemplazando se obtiene la ecuación (10).

$$\frac{1}{10000} = \frac{1}{10000} \rho \cdot 20.05 \sqrt{293.15} \left( \frac{L}{2} \right) \quad (10)$$

Como resultado se obtiene la ecuación (11).

$$L = \frac{1}{0.01716} \left( \frac{L}{2} \right) \quad (11)$$

En la Figura 28 se muestra la función que se realizó para la obtención de los datos.

**Figura 28. Función para el sensor de distancia.**

```
void distancia() {
    digitalWrite(Trig, LOW);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(Trig, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    tiempo=pulseIn(Echo, HIGH);
    distancia= int(0.01716*tiempo);
    Serial.println("Distancia cm: ");
    Serial.println(distancia);
}
```

Fuente: Autor.

### 3.3.4.5 Sensores de gas.

Existen gran cantidad de sensores de gases, una familia muy reconocida de sensores es MQ, en la Tabla 7 se describen tres sensores para la medición de gases.

Tabla 7. Sensores de gas MQ.

Nombre del sensor	Características
<b>Sensor de Monóxido de Carbono MQ7</b> <sup>71</sup>	Este sensor con salida analógica opera con 5v de -10 a 50°C, tiene un tiempo de respuesta rápida y una alta sensibilidad, logra detectar concentraciones de 20 a 2000 ppm y consume una potencia menor a 750Mw.
<b>Sensor de gas inflamable y Monóxido de Carbono MQ9</b> <sup>72</sup>	Este sensor de alta sensibilidad y respuesta rápida detecta concentraciones de Monóxido de Carbono CO de 1 a 1000ppm y de gas inflamable de 100 a 10000, al igual que el sensor MQ7 opera con 5v, consume menos de 750mW y funciona en con una temperatura entre -10 a 50°C.
<b>Sensor de calidad de aire MQ135</b> <sup>73</sup>	Este sensor usado para la detección de contaminación en el aire detecta amoniaco, sulfuro, benceno y humo, opera a 5v con una temperatura entre -10°C a 70°C y una humedad menor a 95%RH, consume 800mW y detecta de 10ppm a 1000ppm.

Para la medición de gases en el aire se eligió el sensor de gas MQ135 puesto que está especialmente diseñado para verificar la calidad del aire, realizando mediciones de gran variedad de gases a diferencia de otros sensores de su familia que solo leen gases específicos y que tienen el mismo valor en el mercado. En la Figura 29 se puede observar el módulo del sensor MQ135.

---

<sup>71</sup> tdrobotica. [En línea] [Citado el: 12 de Diciembre de 2016.] <http://tdrobotica.co/sensor-de-monoxido-de-carbono-mq-7-141.html>.

<sup>72</sup> tdrobotica. [En línea] [Citado el: 12 de Diciembre de 2016.] <http://tdrobotica.co/sensor-de-gas-inflamable-y-co-mq-9/143.html>.

<sup>73</sup> Vistronica. [En línea] [Citado el: 13 de Diciembre de 2016.] <https://www.vistronica.com/sensores/sensor-de-control-de-calidad-de-aire-mq-135-detail.html>.

**Figura 29. Modulo del sensor de gas MQ135.**



**Fuente:** AliExpress. En línea: <https://es.aliexpress.com/w/wholesale-air-quality-sensor-mq135.html> Citado el 29 de Marzo de 2017.

El sensor MQ135 es sensible al amónico NH<sub>3</sub>, óxidos de nitrógeno NO<sub>x</sub>, benceno, humo, dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, entre otros. Este sensor opera con 5V y consume menos de 800mw, funciona con un calentador en el interior el cual debe calentarse para dar una lectura confiable, también cuenta con un sensor electroquímico el cual varía la resistencia al ser expuesto a algún tipo de gas específico.<sup>74</sup>

### 3.3.4.6 Lectura del sensor de gas MQ135.

En el desarrollo de la función (ver Figura 31) se tomó en cuenta:

1. **Declaración de variables:** El sensor de gas MQ135 es capaz de devolver una señal analógica y digital, no obstante, se procede de la misma manera que con el sensor de lluvia, omitiendo el pin digital y caracterizando la señal analógica. Para ello se declara una variable para leer el pin analógico.
2. **Toma de datos:** La señal analógica es tomada mediante el comando `analogRead(Pin_Analógico)` para luego ser mostrada en el monitor serial.

**Figura 30. Función para el sensor de gas.**

```
void gas() {  
    float mq135=A8;  
    float gasA=analogRead(mq135);  
    Serial.println("Calidad del aire: ");  
    Serial.println(gasA);  
    if (gasA >500) {  
        Serial.println("Calidad del aire afectada");  
    }  
    else{  
        Serial.println("Normal");  
    }  
}
```

**Fuente:** Autor.

---

<sup>74</sup>L. Llamas, «LUIS LLAMAS,» 21 Octubre 2016. [En línea]. Available: <https://www.luisllamas.es/arduino-detector-gas-mq/>. [Último acceso: 29 Marzo 2017].

### 3.3.4.7 Sensor de lluvia.

El sensor de lluvia FC-37 consta de 2 partes: La placa la cual puede ser expuesta al agua y recoge los datos sobre las gotas de lluvia y una tarjeta electrónica la cual consta de un potenciómetro con el que se ajusta la sensibilidad de la salida digital y es conecta por medio de 4 patas (VCC, GND, D0, A0) por lo que se puede obtener una salida tanto analógica como digital que es conectada pines del sistema embebido.<sup>75</sup> En la Figura 31 se observa el sensor de lluvia.

**Figura 31. Sensor de lluvia FC-37.**



**Fuente:** Instatronic. En línea: <http://www.instatronic.com/post/arduino-rain-sensor-fc-37-or-yl-83> Citado el 13 de Enero de 2017.

El sensor detecta la lluvia por variación de conductividad que se ve reflejada en la salida analógica que varía de 0 con la placa totalmente húmeda a 1023 completamente seca, cuando las gotas de agua tocan la placa la resistencia aumenta y el voltaje de salida es menor, mientras que si la placa esta seca su resistencia es baja y el voltaje aumenta por ello se puede obtener de la salida digital un valor HIGH para cuando esta seca y LOW para cuando hay lluvia.<sup>76</sup>

### 3.3.4.8 Lectura del sensor de lluvia FC-37.

En el desarrollo del programa (ver Figura 32) se tomaron en cuenta los siguientes numerales para el correcto funcionamiento del sensor:

---

<sup>75</sup> John. Instatronic. [En línea] 16 de Octubre de 2016. [Citado el: 13 de Enero de 2017.] <http://www.instatronic.com/post/arduino-rain-sensor-fc-37-or-yl-83>.

<sup>76</sup> Luis Llamas. LUIS LLAMAS. [En línea] 13 de Febrero de 2016. [Citado el: 12 de Enero de 2017.] <https://www.luisllamas.es/arduino-lluvia/>

1. **Declaración de variables:** El sensor devuelve una señal analógica y una digital, sin embargo, solo se toma en cuenta la señal analógica para luego ser caracterizada ya que se ha encontrado que el valor del pin digital no es fiable, por lo que se declara solo una variable para la señal analógica.

2. **Toma de datos:** La señal analógica no se considera un valor que pueda indicar con precisión la cantidad de agua o precipitación que se tiene en el momento por ello se utiliza solo como una medida que indica si la lluvia es leve o fuerte, este valor se obtiene leyendo el pin analógico por medio de `analogRead(Pin_Analógico)`.

La señal analógica es caracterizada haciendo uso de una condición, si el valor analógico es menor a un valor determinado se tendrá como salida el mensaje, "Sin lluvia", por lo contrario, si el valor es menor al dato sugerido se obtendrá el mensaje "Lluvia detectada".

**Figura 32. Función para la lectura del sensor de lluvia.**

```
void lluvia() {  
    int lluviaA=A9;  
    int lluvian=analogRead(lluviaA);  
    Serial.println("Precipitacion: ");  
    Serial.println(lluvian);  
    if (lluvian <500) {  
        Serial.println("Lluvia detectada");  
    }  
    else{  
        Serial.println("Sin lluvia");  
    }  
}
```

**Fuente:** Autor.

### 3.3.4.9 Sensor de nivel de iluminación.

El instrumento para medir la radiación solar en una superficie plana es conocido como pirómetro, y sería el dispositivo indicado en la toma de registros de esta variable, sin embargo los costos que puede llegar a tener un instrumento de este tipo son altos, por lo tanto se decidió implementar un sensor que permitiera registrar una variable proporcional al tipo de radiación térmica, el cual abarca las longitudes de onda desde la infrarroja hasta la ultravioleta pasando por las longitudes de onda visibles<sup>77</sup>, por ello se utilizó el sensor de luz ambiental TEMA6000 (ver Figura 33), que logra registrar el espectro visible y entrega un dato proporcional a la cantidad de luz reflejada sobre el sensor a través de un pin analógico, por lo tanto la función construida consta de la lectura de este pin y del debido proceso de conversión para dar como respuesta la iluminancia (lux) percibida en el ambiente (ver Figura 34).

---

<sup>77</sup> GARDUÑO, René. Biblioteca Digital del ILCE. [En línea] 1994. [Citado el: 28 de Junio de 2017.] [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/127/htm/sec\\_10.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/127/htm/sec_10.htm)

**Figura 33. Sensor de luz ambiente TEMENT6000.**



**Fuente:** Drills n' Bits. En línea: <https://drillsnbits.com/collections/home-automation-devices/products> Citado el 8 de Junio de 2017.

**Figura 34. Lectura de iluminancia en representación de radiación.**

```
int rad=A10;
pinMode(rad, INPUT);
float rad_lec = analogRead(rad);
float rad_v = (rad_lec*5)/1024;
float rad_i_A = rad_v/10000;
float rad_i_uA = rad_i_A * 1000000;
float lux = rad_i_uA * 2;
Serial.println("Radiacion ");
Serial.println(lux);
```

**Fuente:** Autor.

### 3.3.5 Control difuso.

En el diagrama de la Figura 35 se observan cinco variables de entrada las cuales son temperatura, precipitación, nivel de agua, radiación y humedad relativa, con ayuda de la herramienta de Matlab, Fuzzy Logic, se llegan a definir algunas reglas que determinan dos salidas de alerta por inundación y sequía.

**Figura 35. Diagrama de control.**



**Fuente:** Autor.

### 3.3.5.1 Control para temperatura.

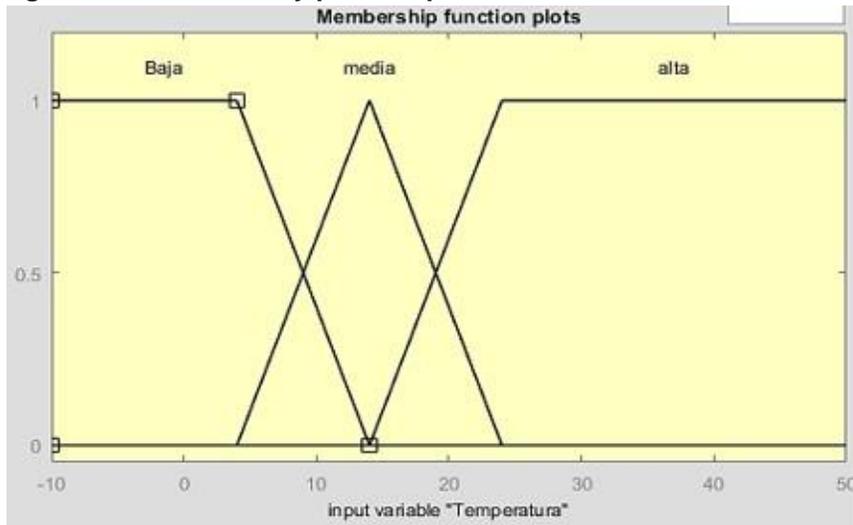
El sensor DHT11 detecta temperaturas entre los 0°C a 50°C, por lo tanto, se seleccionó un rango aproximado de -11°C a 50°C para el control de temperatura en Fuzzy. Teniendo en cuenta la temperatura media, mínima y máxima en Bogotá y en sus alrededores la cual se muestra en la Figura 36, se establecieron tres tipos de temperatura los cuales son: Baja, Media y Alta. En la Figura 37 se observar la gráfica realizada en Fuzzy para el sensor de temperatura.

**Figura 36. Temperatura promedio de Bogotá.**

	media	min.	max.
Enero	12.9°C	5.4°C	19.6°C
Febrero	13.2°C	6.1°C	19.7°C
Marzo	13.6°C	7.4°C	19.7°C
Abril	13.8°C	8.2°C	19.3°C
Mayo	13.8°C	8.4°C	19.0°C
Junio	13.5°C	8.0°C	18.3°C
Julio	13.1°C	7.5°C	18.1°C
Agosto	13.1°C	7.0°C	18.3°C
Septiembre	13.1°C	6.9°C	18.7°C
Octubre	13.2°C	7.6°C	18.8°C
Noviembre	13.4°C	7.7°C	19.1°C
Diciembre	12.9°C	6.1°C	19.2°C

**Fuente:** Meteobox. En línea: <https://meteobox.co/bogota/estadistica/> Citado el 9 de Mayo de 2017.

**Figura 37. Control Fuzzy para temperatura.**



**Temperatura baja:**  
[-10, -10, 4, 14]

**Temperatura media:**  
[ 4, 14, 24]

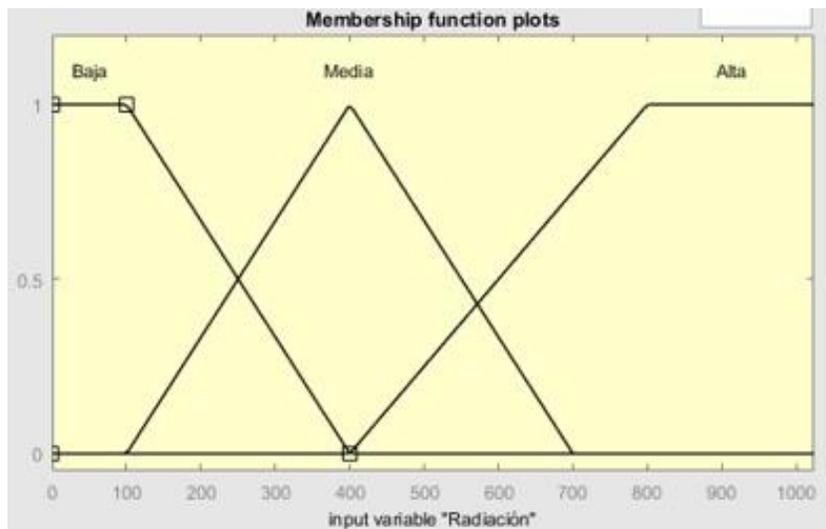
**Temperatura alta:**  
[14, 24, 50, 51]

Fuente: Autor.

### 3.3.5.2 Control de radiación.

Para el control de radiación en Fuzzy se construyó la gráfica de la Figura 38. Como se mencionó anteriormente no se adquirió el instrumento requerido para la medición de radiación solar, por ello se simuló la radiación con un sensor de iluminación con el cual se permitió establecer un registro de intensidad lumínica de acuerdo a las variaciones del día, logrando entregar un valor analógico proporcional que abarca un rango de 0 a 1024.

**Figura 38. Control para radiación.**



**Baja:**  
[-1, 0, 100, 400]

**Media:**  
[100, 400, 700]

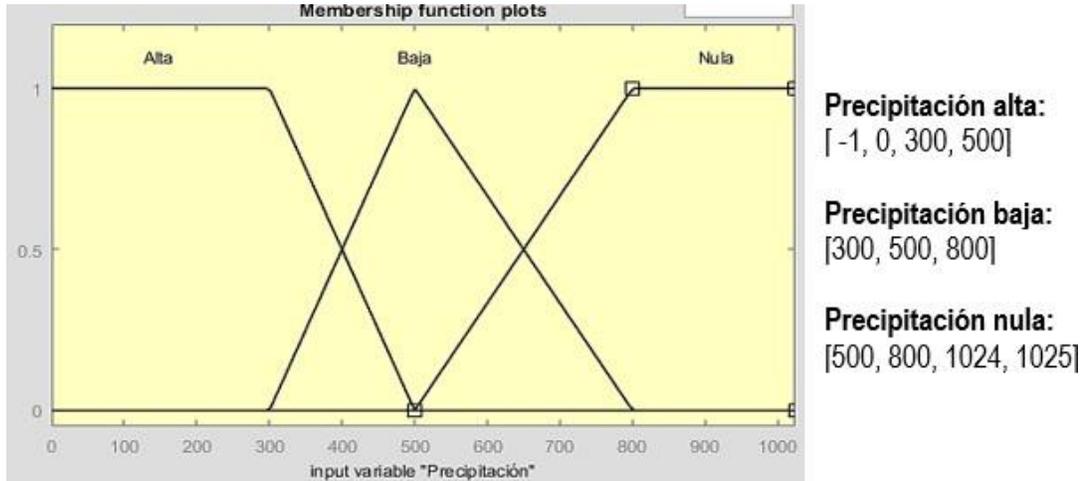
**Alta:**  
[400, 800, 1024, 1025]

Fuente: Autor.

### 3.3.5.3 Control de precipitación.

El sensor de lluvia toma valores analógicos de 0 a 1024, identificando los valores más altos como en ausencia de lluvia y los más bajos como en presencia de lluvia, con base en estos datos y pruebas de funcionamiento del sensor se construyó la gráfica de la Figura 39.

Figura 39. Control de precipitación.

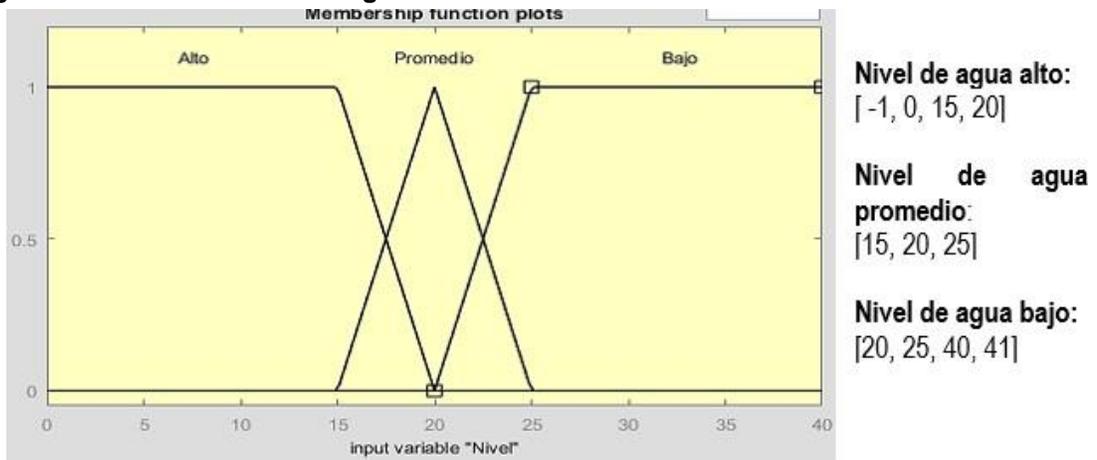


Fuente: Autor.

### 3.3.5.4 Control de nivel de agua.

En el control de nivel de agua se utilizó el sensor de distancia el cual entrega la distancia que hay entre el cuerpo de agua y el sensor por lo tanto, si la distancia registrada es mínima significa el cuerpo de agua esta cerca al sensor y por lo tanto el nivel es alto, mientras que si la distancia registrada por el sensor es considerable significa que el nivel de agua es bajo. Se selecciono un rango entre -1 cm y 41 cm valores alrededor del valor mínimo 0 y máximo 31 cm que se pueden obtener de la probeta utilizada en las pruebas de distancia (ver página 82).

Figura 40. Control de nivel de agua.

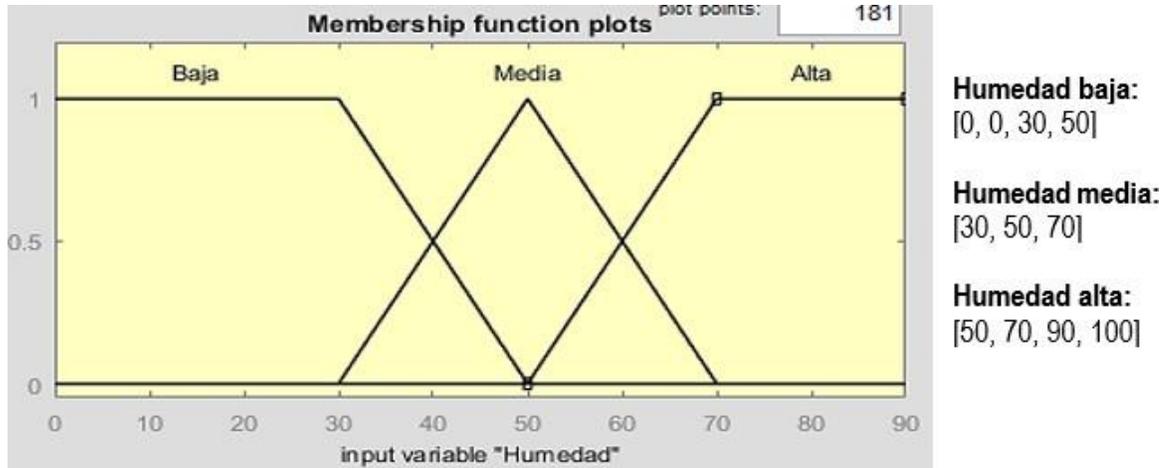


Fuente:

### 3.3.5.5 Control de humedad relativa.

El sensor de humedad relativa registra valores entre los 20% y 90%, en donde se encuentra la humedad relativa de Bogotá la cual oscila alrededor de los 60% a 80% y es considerada alta. Por ello se seleccionó un rango alrededor de estos valores el cual está entre los 0% y 100% como se observa en la Figura 41.

Figura 41. Control de humedad relativa.

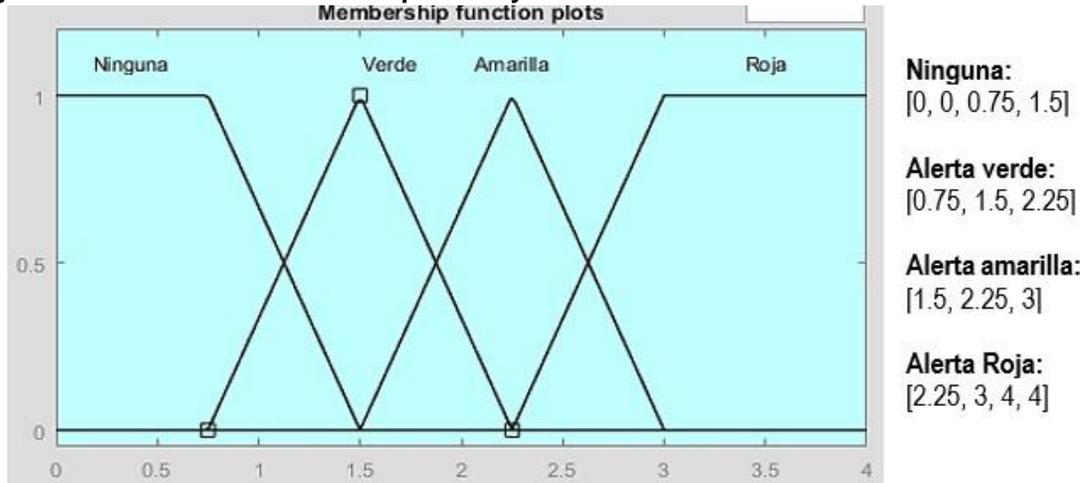


Fuente: Autor.

### 3.3.5.6 Alerta.

En la Figura 42 se observa la gráfica construida para cada una de las salidas del sistema que son las alertas por inundación y sequía, esta grafica tiene un rango de 0 a 4, en donde se toma aproximadamente una unidad para cada uno de los tipos de alerta los cuales pueden ser:

Figura 42. Clasificación de alertas por Fuzzy.



Fuente:



### 3.3.5.7 Reglas.

Se determina el tipo de alertas a generar tomando en cuenta las variables de entrada haciendo uso de las reglas de la Figura 43.

Figura 43. Reglas para el control por Fuzzy.

No	Variable					Conector logico	Alerta	
	Temperatura	Precipitación	Nivel de agua	Radiación	Humedad		Inundación	Sequia
1	Baja	Alta	Alto	Baja	Alta	And	Roja	Ninguna
2	Baja	Alta	Alto	Media	Alta	And	Roja	Ninguna
3	Baja	Alta	Alto	Baja	Media	And	Roja	Ninguna
4	Media	Alta	Alto	Baja	Alta	And	Roja	Ninguna
5	Media	Baja	Alto	Baja	Alta	And	Amarilla	Ninguna
6	Media	Alta	Promedio	Baja	Alta	And	Verde	Ninguna
7	Baja	Alta	Promedio	Baja	Alta	And	Amarilla	Ninguna
8	Baja	Baja	Alto	Media	Alta	And	Amarilla	Ninguna
9	Baja	Baja	Alto	Media	Media	And	Verde	None
10	Baja	Baja	Alto	Baja	Media	And	Verde	None
11	Baja	Alta	Promedio	Baja	Media	And	Verde	None
12	Alta	Nula	Bajo	Alta	Baja	And	Ninguna	Roja
13	Alta	Nula	Bajo	Alta	Media	And	Ninguna	Roja
14	Alta	Nula	Bajo	Media	Baja	And	Ninguna	Roja
15	alta	Nula	Bajo	Media	Media	And	Ninguna	Amarilla
16	Alta	Nula	Promedio	Alta	Baja	And	Ninguna	Amarilla
17	Media	Nula	Bajo	Alta	Baja	And	Ninguna	Amarilla
18	Media	Nula	Bajo	Alta	Media	And	None	Verde
19	Alta	Nula	Promedio	Alta	Media	And	None	Verde
20	Alta	Baja	Bajo	Alta	Baja	And	None	Verde
21	Media	Baja	Bajo	Media	Media	And	None	Verde
22	Alta	None	Bajo	Alta	None	And	None	Roja
23	Baja	Alta	Alto	None	None	And	Roja	None
24	None	None	Promedio	None	None	And	Ninguna	Ninguna
25	Baja	Alta	Bajo	Baja	Alta	And	Ninguna	Verde
26	Alta	Nula	Alto	Alta	Baja	And	Verde	Ninguna
27	None	Nula	Alto	None	None	And	Verde	Ninguna
28	None	Alta	Bajo	None	None	And	Ninguna	Verde
29	None	Alta	Alto	None	None	And	Roja	Ninguna
30	None	Nula	Bajo	None	None	And	Ninguna	Roja
31	Alta	None	Bajo	Alta	None	And	Ninguna	Roja

Fuente: Autor.

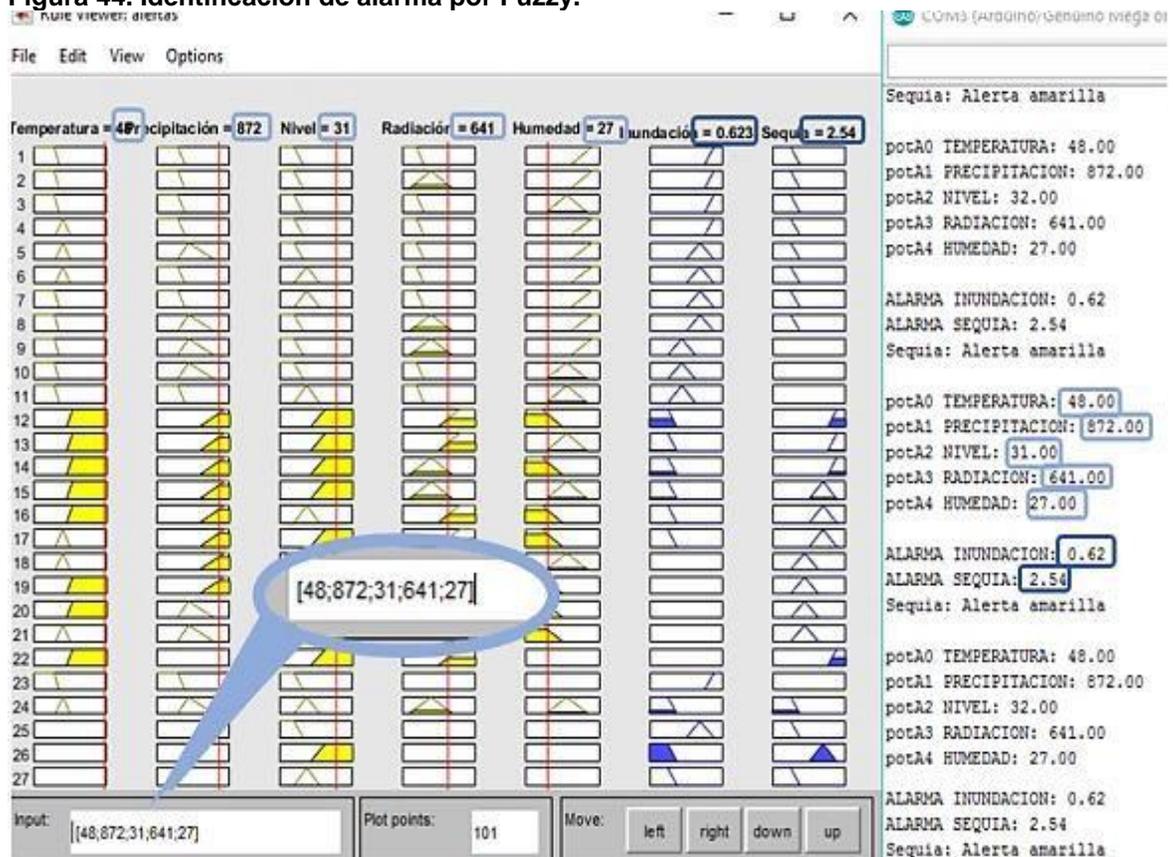
### 3.3.5.8 Lógica difusa con Arduino.

Se hizo uso de una herramienta web que consiste en subir el fichero de lógica difusa creado en Matlab y convertirlo en código Arduino, las únicas modificaciones que se realizan son para asignar los pines de entrada y salida, los mensajes en el monitor serial y para determinar el tipo de alerta el cual se realiza por medio de condiciones las cuales son:

- No hay alerta para valores menores a 1.
- Alerta verde para valores mayores o iguales a 1 y menores de 2.
- Alerta amarilla para valores mayores o iguales a 2 y menores de 3.
- Alerta roja para valores mayores a 3.

En la Figura 44 se observa el funcionamiento idéntico tanto en la herramienta Fuzzy Logic de Matlab como en Arduino.

**Figura 44. Identificación de alarma por Fuzzy.**



Fuente: Autor.

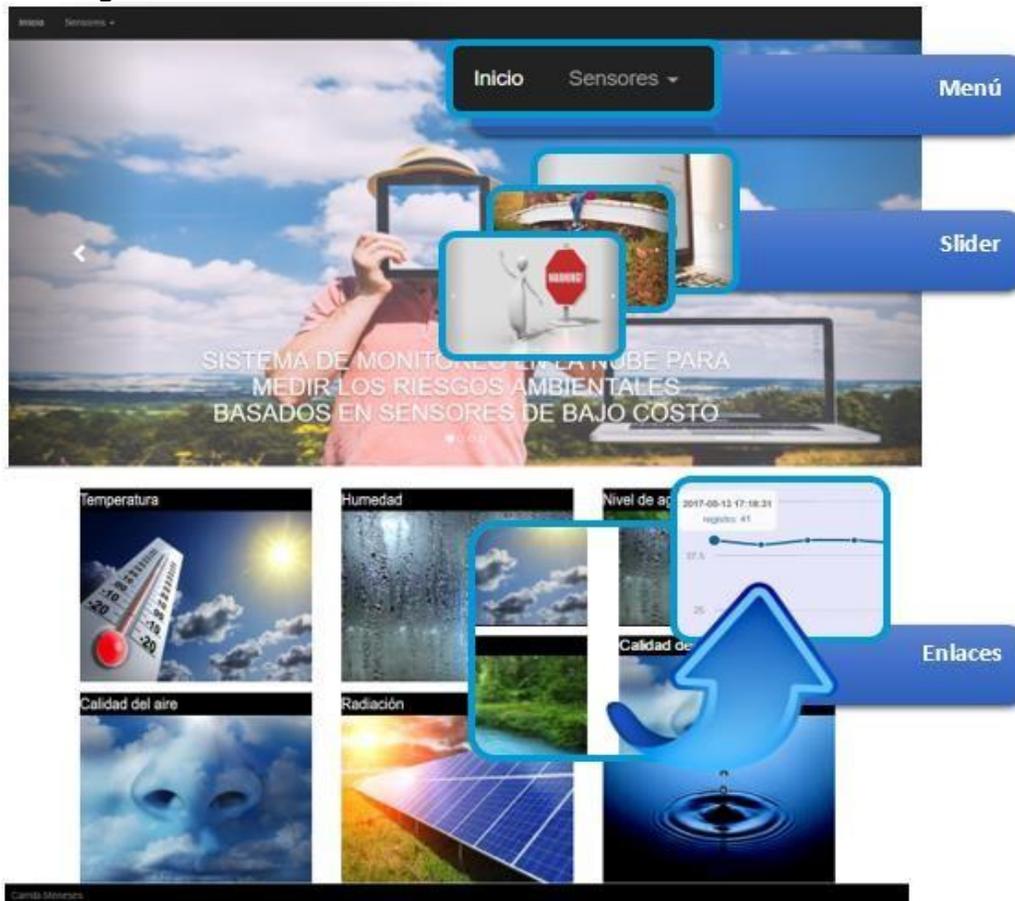
### 3.4 MÓDULO 3: SITIO WEB.

El sitio web consta de nueve paginas las cuales se pueden agrupar en cuatro grupos:

#### 3.4.1 Página de inicio.

La página de inicio que se observa en la Figura 45, se construyó como bienvenida al monitoreo y consta de tres elementos los cuales son el menú o barra de navegación, le slider y la rejilla de enlaces a las demas paginas del sitio.

Figura 45. Página de inicio.



Fuente: Autor.

1. **Menú:** Para realizar el menú se hizo uso de Bootstrap, una librería que facilita el diseño y construcción de las páginas web, en la Figura 46 se puede observar el menú de navegación.

Figura 46. Menú de navegación.



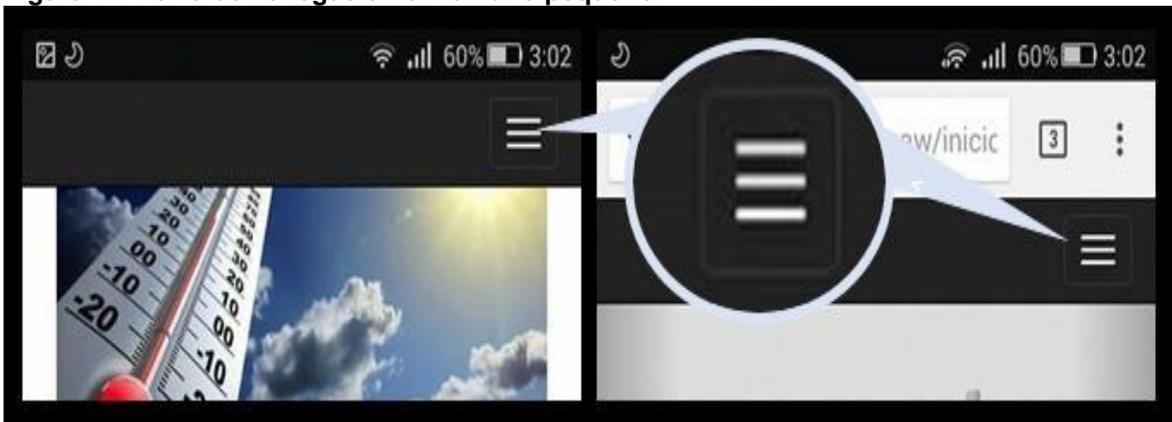
Fuente: Autor.

Para el funcionamiento del menú se puede destacar el uso de:

- **Navbar navbar-default:** Esta clase crea una barra de navegación estándar dentro de ella se puede encontrar el uso de otras clases como 'navbar-header' para el título del menú, 'nav navbar-nav' para incluir las etiquetas en el menú, 'dropdown' y 'dropdown-toggle' para el menú desplegable.

Esta barra de navegación cambia la forma en que se visualiza dependiendo del tamaño de la pantalla con el uso de la clase 'navbar -toggle collapsed' de esta manera se visualizara como menú un icono con tres líneas (ver Figura47).

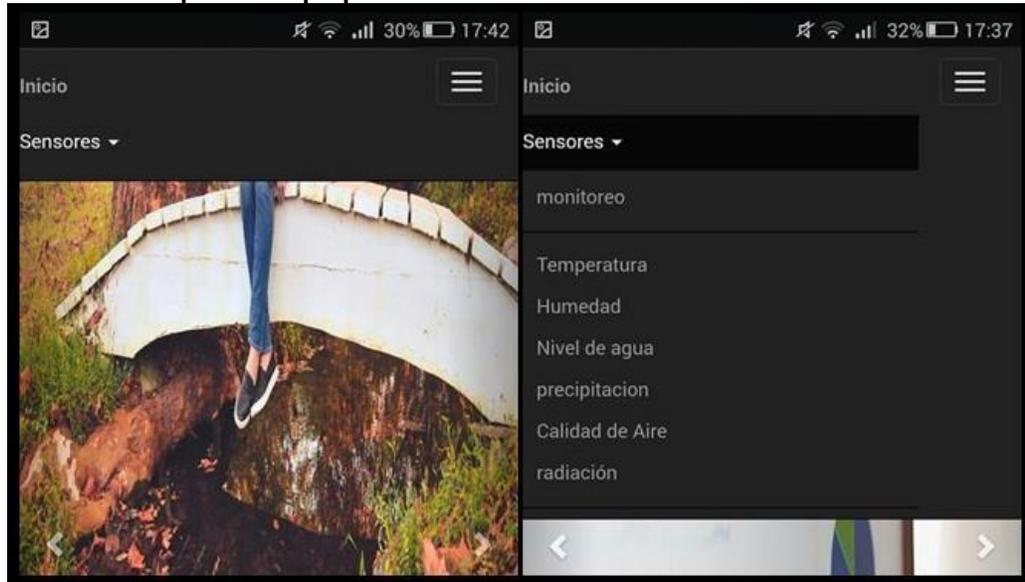
Figura 47. Barra de navegación en tamaño pequeño.



Fuente: Autor.

En la Figura 48 se muestra cómo se presenta el menú desplegado en una pantalla pequeña.

Figura 48. Menú en pantallas pequeñas.



Fuente: Autor.

2 **Slider o 'Carousel'**: Bootstrap facilita la construcción de este mediante la clase 'carousel' o 'carousel slide' para añadir un efecto de transición, algunos de los atributos utilizados fueron:

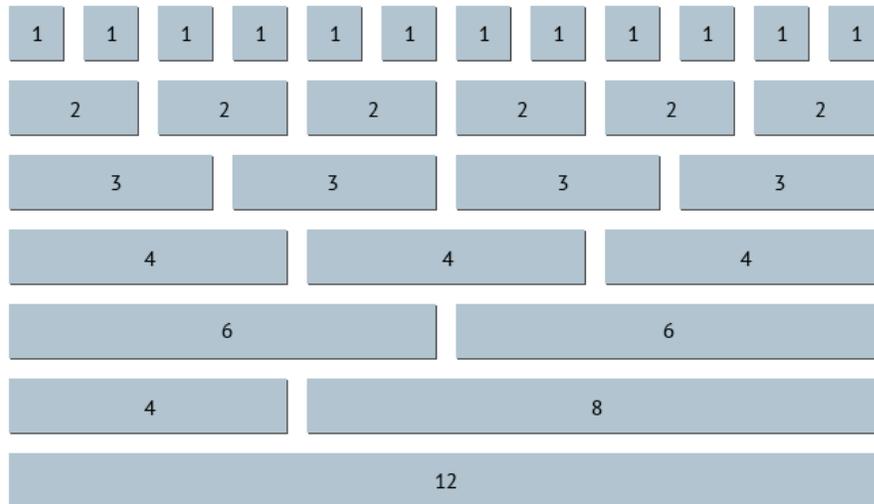
- **Data-ride="carousel"**: Activa el carousel al cargar la página.
- Carousel-indicators**: Agrega los indicadores de cada diapositiva.
- Carousel.inner**: Agrega el contenido de la diapositiva.
- Data-slide**: Permite la transición entre las diapositivas con botones.

3 **Enlaces**: Para realizar la estructura de imágenes, se recurrió al sistema de rejillas. Bootstrap ofrece las clases de 'Container', 'container-fluid' y 'col-tamaño-numero'. Estas clases fueron introducidas para dar estructura a la página. Las clases container y container-fluid se diferencian por el ancho de la caja o div, para un contenido centrado y de ancho fijo se hace uso de container mientras que para un contenido más flexible como lo es el slider se usa container-fluid para que ocupe todo el ancho de la página.

Dentro de estas cajas se puede contener otras con clases del tipo 'col-tamaño-numero' las cuales funcionan dividiendo el ancho de la página web en 12 partes iguales, permitiendo establecer el número de partes que se ocupan y asignando el tamaño dispuesto a un contenido.

En la Figura 49 se observa el funcionamiento de esta clase.

**Figura 49. Columnas de Bootstrap.**



**Fuente:** Autor.

Además de organizar de forma sencilla el contenido de la página, también permite determinar cómo se visualizarán en diferentes tamaños de pantallas de la siguiente manera:

- **Col-xs:** Pantallas pequeñas menores a 768px como celulares.
- **Col-sm:** Pantallas pequeñas mayores a 768px como tablets, el ancho del contenedor será de 750px.
- **Col-md:** Pantallas medianas mayores a 992px. El ancho del contenedor será de 970px.
- **Col-lg:** Pantallas grandes mayores de 1200px, en este caso el ancho del contenedor será 1170px.

De esta manera la página web regulará el tamaño del contenido automáticamente<sup>78</sup>, un ejemplo es la cantidad de imágenes que aparecen en una sola fila, y en la Figura 50 se observa la página web de inicio en un teléfono celular.

---

<sup>78</sup> A. J. Gallego, «Gitbook,» 2016. [En línea]. Available: [https://ajgallego.gitbooks.io/bootstrap-3/capitulo\\_rejilla.html](https://ajgallego.gitbooks.io/bootstrap-3/capitulo_rejilla.html). [Último acceso: 20 Abril 2017].

**Figura 50. Página de inicio en un teléfono celular.**



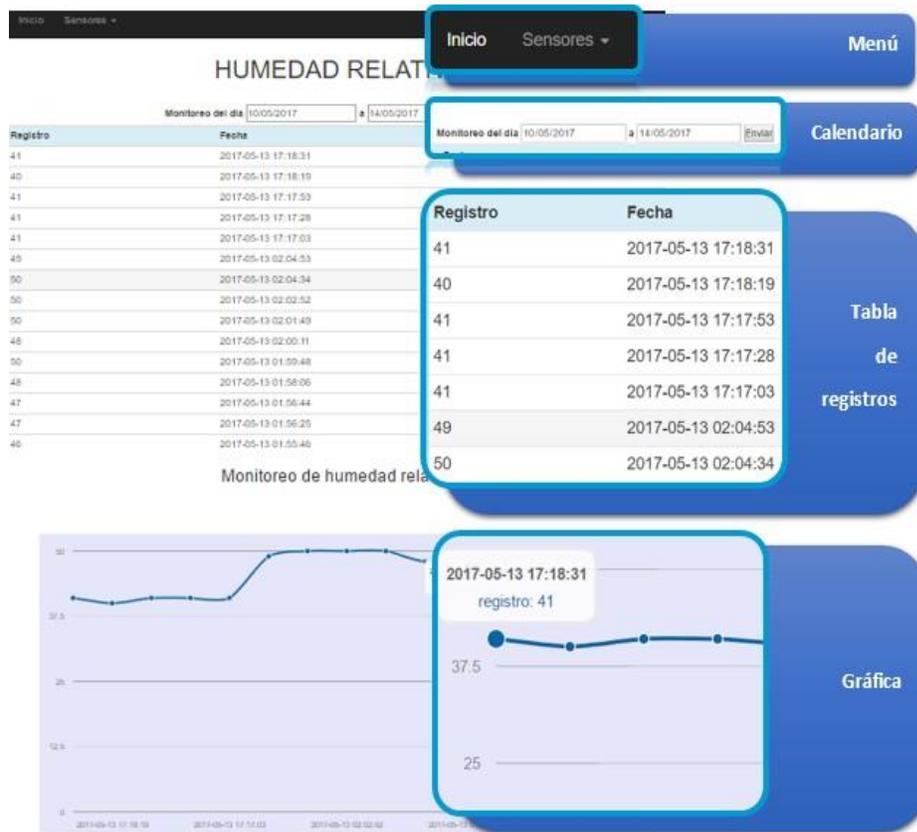
**Fuente:** Autor.

### **3.4.2 Páginas de monitoreo.**

Existe una página de monitoreo general en la que se puede visualizar los datos de cada sensor y cinco páginas de monitoreo que corresponden a cada una de las variables de temperatura, humedad, nivel del agua, precipitación, calidad del aire y radiación, en las se encuentra la gráfica de monitoreo de cada una de ellas.

En la Figura 51 se observa la página de monitoreo de humedad la cual consta de cuatro elementos principales los cuales son: calendario, tabla de registros, gráfica y menú del cual ya se habló anteriormente.

Figura 51. Página del monitoreo de humedad relativa.



Fuente: Autor.

1. **Calendario:** El calendario se visualiza introduciendo el código de la Figura 52 dentro de un metodo POST para ser utilizado por la base de datos.

Figura 52. Calendario.



Fuente: Autor.

**2. Tabla de registros:** Para visualizar la tabla de registros se debio conectar el sitio web con la base de datos, a continuación se presentan los puntos que se realizaron para generar las tabla de registros.

- **Conexión con la base de datos:** Se definen los requisitos para realizar la conexión a la base como lo son el usuario de MySQL en este caso "root", la contraseña del usuario y el localhost, luego se hace uso de `mysql_pconnect` y `mysql_select_db`, para la conexión y posterior selección de la base de datos. En la Figura 53 se observa la conexión y selección de la base de datos 'monitoreo'.

**Figura 53. Conexión a la base de datos.**

```
$MyUsername = "root"; //Nombre de usuario en mysql
$MyPassword = "*****"; //Contraseña
$MyHostname = "localhost"; //

$dbh = mysql_pconnect($MyHostname, $MyUsername, $MyPassword);
$selected =mysql_select_db("monitoreo",$dbh);//nombre de la base de datos.
```

**Fuente:** Autor.

- **Consulta en la base de datos:** Se realiza la selección de los datos que se desean visualizar haciendo uso de:

**WHERE:** Permite seleccionar un grupo de datos con una característica en común por ejemplo un ID, una letra o una fecha.

**GROUP BY:** Agrupa los datos y devuelve un solo valor para cada grupo, por ejemplo, agrupar personas dependiendo de su país de origen o devolver solo un valor si este se repite continuamente.

**ORDER BY:** Organizar dependiendo de algún parámetro, por ejemplo, ordenar por fecha.

- **Visualización de los datos obtenidos:** Se realiza un ciclo para la lectura y posicionamiento de los datos seleccionados en la tabla de registro la cual se genera fácilmente a través del uso de Bootstrap y la clase 'table table-hover table-condensed' que permite las características de la tabla de registros de monitoreo general de la Figura 54.

**Figura 54. Tabla de registros.**

Sensor	Registro 1	Registro 2	Fecha
dht11	42	23	2017-05-24 13:02:41
dht11	43	23	2017-05-24 13:02:28
dht11	41	27	2017-05-13 17:18:31
dht11	40	27	2017-05-13 17:18:19
dht11	41	27	2017-05-13 17:17:53

**Fuente:** Autor.

### 3.4.3 Página de notificaciones y alarmas.

Esta pagina permite publicar, editar o eliminar cualquier notificación en slider, ademas de poder generar una alerta verde, amarilla o roja. En la Figura 55 se observa la pagina la cual tiene tres elementos los cuales son el menu, el panel de notificaciones y los botones de alerta.

Figura 55. Página de notificaciones y alarmas.



Fuente: Autor.

1. **Panel de notificaciones:** El panel consta de tres campos de texto y cinco botones como se puede observar en la Figura 56.

Figura 56. Panel de notificaciones.



Fuente: Autor.

El panel se vale de cinco botones que son:

- Editar:** Establecer los cambios realizados en las cajetillas.
- **Agregar:** Agregar la notificación realizada.
- Borrar:** Borrar los datos de las cajetillas.
- **Eliminar:** Eliminar la notificación actual.
- **Reiniciar:** Volver a la notificación por defecto.

Para el funcionamiento del panel de notificaciones se programo en javascript, haciendo uso de las librerías de jQuery. En la programación se destaca el uso de los id de cada elemento para ser llamados en el script a través de la sintaxis:

```
$("#id_elemento").on("click", function(){ ...});
```

2. **Botones de alerta:** La página web cuenta con cuatro botones para la generación de alertas, para el correcto funcionamiento de los botones se utilizó nuevamente bootstrap el cual asigna los colores de cada botón según la clase, la cual puede ser primary, success, info, warning, danger y link. Además se usó el método 'post' junto con 'exec', que permiten la respuesta al accionamiento de los botones. como se ilustra en la Figura 57.

**Figura 57. Botones de alerta.**

## Declarar alerta



La alerta **roja** indica que el evento esta pronto a suceder y que se debe activar el plan de emergencias.

La alerta **amarilla** indica a las instituciones que deben estar preparadas para realizar las acciones correspondientes para enfrentar el impacto del evento y sus consecuencias.

La alerta **verde** indica que se debe estar atento al estado del evento y de las alertas que se emitan durante el suceso.



```
<form action="" method="post">
<input type="submit" class="btn btn-danger" name="roja" value="ROJA">
if ($_POST[roja]) {
$a=exec("sudo python /var/www/html/Paginaw/alarma/roja.py 2>&1");
echo $a;
}
```

**Fuente:** Autor.

A continuación, se explican las funciones de cada uno de los botones:

- **Botón rojo:** Manda una señal de alerta roja la cual prende un led de color rojo, genera sonido con un buzzer y manda un mensaje de texto.
- **Botón amarillo:** Manda una señal de alerta amarilla la cual prende un led de color amarillo y manda un mensaje de texto.
- **Botón verde:** Manda una señal de alerta verde la cual prende un led de color verde y manda un mensaje de texto.
- **Botón desactivar:** Desactiva todas las alarmas, es decir apaga cualquier led encendido y el buzzer.

## 3.5 MÓDULO 4: ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA.

### 3.5.1 Sistema fotovoltaico

La energía proveniente del sol se denomina energía solar y llega como energía radiante infrarroja, como luz visible y luz ultravioleta, esta energía se puede aprovechar transformándola en energía térmica o en energía eléctrica por medio de células solares o fotovoltaicas, las cuales son fabricadas por materiales semiconductores cristalinos que logran generar corriente energética cuando están expuestos a la radiación solar, a este tipo de energía se le llama energía solar fotovoltaica y fue descubierta por el físico francés Edmund Becquerel al presenciar el aumento de la generación eléctrica de dos electrodos metálicos en una solución conductora en presencia de luz.





La corriente máxima que brinda el sistema de alimentación es 480 mAh y el HSP es de aproximadamente 3h, por tanto tenemos:

$$I_{max} = \frac{(8500 \text{ mAh})/24h}{480 \text{ mAh}} \times 3h = 2.21 \quad (15)$$

▪ **Cálculo del número de módulos o paneles en serie (NMS):**

$$NMS = \frac{V_{sistema} (12,24 \text{ V})}{V_{panel} (6,12,24 \text{ V})} = \frac{12,24 \text{ V}}{12 \text{ V}} = 1,02 \quad (16)$$

▪ **Calculo total de módulos o paneles en serie y en paralelo (NPS):**

$$NPS = NMS \times NPS = 2.21 \times 1,02 = 2.26 \quad (17)$$

El panel adquirido se muestra en la Figura 60.

**Figura 60. Panel solar.**



**Fuente:** Ambiente Soluciones. [https://www.ambientesoluciones.com/sitio/productos\\_mo.php?it=5167](https://www.ambientesoluciones.com/sitio/productos_mo.php?it=5167) Citado el 11 de Junio de 2017.

**35.12 Subsistema de almacenamiento:** Este subsistema esta compuesto por baterías que almacenan la energía eléctrica que no está en uso, ya que deberá proporcionarla en ausencia de radiación solar para que exista energía eléctrica en todo momento.

A continuación, se describen algunos tipos de baterías:

- **Baterías de níquel - metalhidruro (NIMH):** Estas baterías pueden entregar gran cantidad de energía, tienen capacidades de 300 a 5000 miliamperios por hora (mAh). Regularmente constan de 5 celdas con una tensión de 6 voltios, u 8 celdas con una tensión de 9.6 voltios, tienen una densidad de energía media-alta. Sus desventajas radican en el precio de la batería y del cargador los cuales son costosos, además los excesos de carga pueden ser perjudiciales para la batería y tienen efecto de memoria. Las baterías NI-MH tienen una autodescarga mayor a 10% en 24 horas.<sup>80</sup>
- **Baterías de polímero litio (LIPO):** Son baterías de bajo peso y un tamaño muy reducido por lo que las hace muy manejables, son ampliamente comerciales y se pueden encontrar en distintos voltajes y corrientes, se puede encontrar baterías de dos celdas que llegan a entregar entre 7.4 a 8.4 voltios y las baterías de tres celdas entre los 11.1 y 12.6 voltios. Su densidad de energía es alta, prácticamente dobla a las baterías de NI-MH, logra una capacidad de entrega de 500 a 5000 miliamperios por hora (mAh), algunas tienen intensidades de descarga de 50 a 100 por lo que son ideales para proyectos que requieran alta intensidad, su resistencia interna es pequeña por lo que se aprovecha el total de la energía. Algunas de sus desventajas radican en su costo y cuidado, ya que pueden llegar a ser peligrosas si se les usa incorrectamente.
- **Baterías de iones de litio (LI-ION):** Estas baterías ecológicas de larga vida útil, pueden llegar a tener tamaños grandes y proporcionan menos energía que las baterías LI-PO, sin embargo, son menos estrictas, aunque no pueden pasar de un mínimo de carga puesto que podrían dañarse completamente. Se calientan fácilmente y pueden explotar si se sobrecargan o se pinchan. Son las más utilizadas en la actualidad por teléfonos celulares, reproductores de música, entre otros. Tienen elevada densidad de energía es decir que acumulan mucha mayor carga por unidad de volumen, además son livianas, tienen una baja autodescarga y no tienen efecto de memoria.

<sup>81</sup>

Teniendo en cuenta las características de los tipos de baterías se descartó el uso de baterías de NI-MH puesto que tienen un alto valor de autodescarga y tienen efecto de memoria por lo que podrían dañarse si no se alcanza a cargar completamente, sabiendo que la carga se realiza con un panel fotovoltaico que varía su voltaje constantemente y que podría no llegar a entregar todo el voltaje requerido para la carga, la batería de NI-MH no podría cumplir eficazmente su objetivo.

Las baterías LI-ION y LI-PO tienen varias similitudes como su alta densidad de energía, su tamaño reducido, así como su peso liviano que las hace la mejor opción para el suministro de energía del proyecto.

---

<sup>80</sup> M. M. d. i. m. E. U. M. Hill., «EcuRed,» 29 Mayo 2017. [En línea]. Available: [https://www.ecured.cu/Bater%C3%ADas\\_de\\_Ni-MH](https://www.ecured.cu/Bater%C3%ADas_de_Ni-MH). [Último acceso: 20 Abril 2017].

<sup>81</sup> Luis Llamas. LUIS LLAMAS. [En línea] 5 de Marzo de 2016. [Citado el: 5 de Marzo de 2017.]  
<https://www.luisllamas.es/alimentar-arduino-baterias/>

**3 Cálculo de baterías** <sup>82</sup>: Para realizar el cálculo de baterías en amperios por horas se debe considerar la autonomía del sistema la cual se define como los días consecutivos sin sol en los cuales el sistema depende del banco de baterías y se expresa con la letra N, se toma en cuenta la batería seleccionada en este caso una batería de litio y se define un factor de rendimiento de las baterías en el ciclo de carga y descarga el cual será del 90%.

$$C_{batería} (Ah) = \frac{(N \cdot I_{carga} \cdot h) / \eta}{DOD} \quad (18)$$

Donde N es el número de días de autonomía del sistema para el cual se determinó que sería de 2 días, el factor de rendimiento será de 0,9 y la profundidad de descarga de la batería es igual a 0,8.

$$C_{batería} (Ah) = \frac{(236,1 Ah / 0,9) \cdot 2}{0,8} = 419,73 Ah \quad (19)$$

En la Figura 61 se muestra la batería seleccionada.

**Figura 61. Batería.**



**Fuente:** Baterías LI-PO. En línea: <http://www.baterialipo.es/2016/05/> Citado el 11 de Junio de 2017.

**3.5.1.3 Subsistema de regulación y Subsistema convertidor de corriente:** El subsistema de regulación es el encargado de proteger al sistema de almacenamiento empleado para que no reciba energía en exceso y existan sobrecargas y el subsistema convertidor de corriente convierte la energía generada por los paneles o por las baterías en corriente alterna o continua según como se necesite.<sup>83</sup>

<sup>82</sup> CHAVEZ, Idalberto. Cubasolar. [En línea] [Citado el: 29 de Abril de 2017.] <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/energia15/html/articulo03.htm>.

<sup>83</sup> Carta González, José Antonio, y otros. Centrales de energías renovables. Madrid : PEARSON EDUCACIÓN S.A., 2009. 978-84-832-2227-0.

En la Figura 62 se observa un dispositivo el cual cuenta con una entrada para el panel solar, una entrada para la batería y una salida para la carga, en donde se conectó un regulador de voltaje que entrega 5v al sistema.

**Figura 62. Sistema conversor y regulador de voltaje.**



**Fuente:** Autor.

El panel solar adquirido entrega como máximo 18,36V y 0.27A más de lo que requiere el sistema el cual consume apenas 0,2361A y trabaja con 5V, consumiendo solo 1,18 de potencia, por lo tanto, el panel solar en un día soleado puede abastecer al sistema sin ningún problema. Por otra parte, la batería de polímero de litio de 11.1v tiene una capacidad de entrega de 3000mAh, proporcionando al sistema la corriente suficiente hasta que el panel pueda recibir nuevamente luz solar.

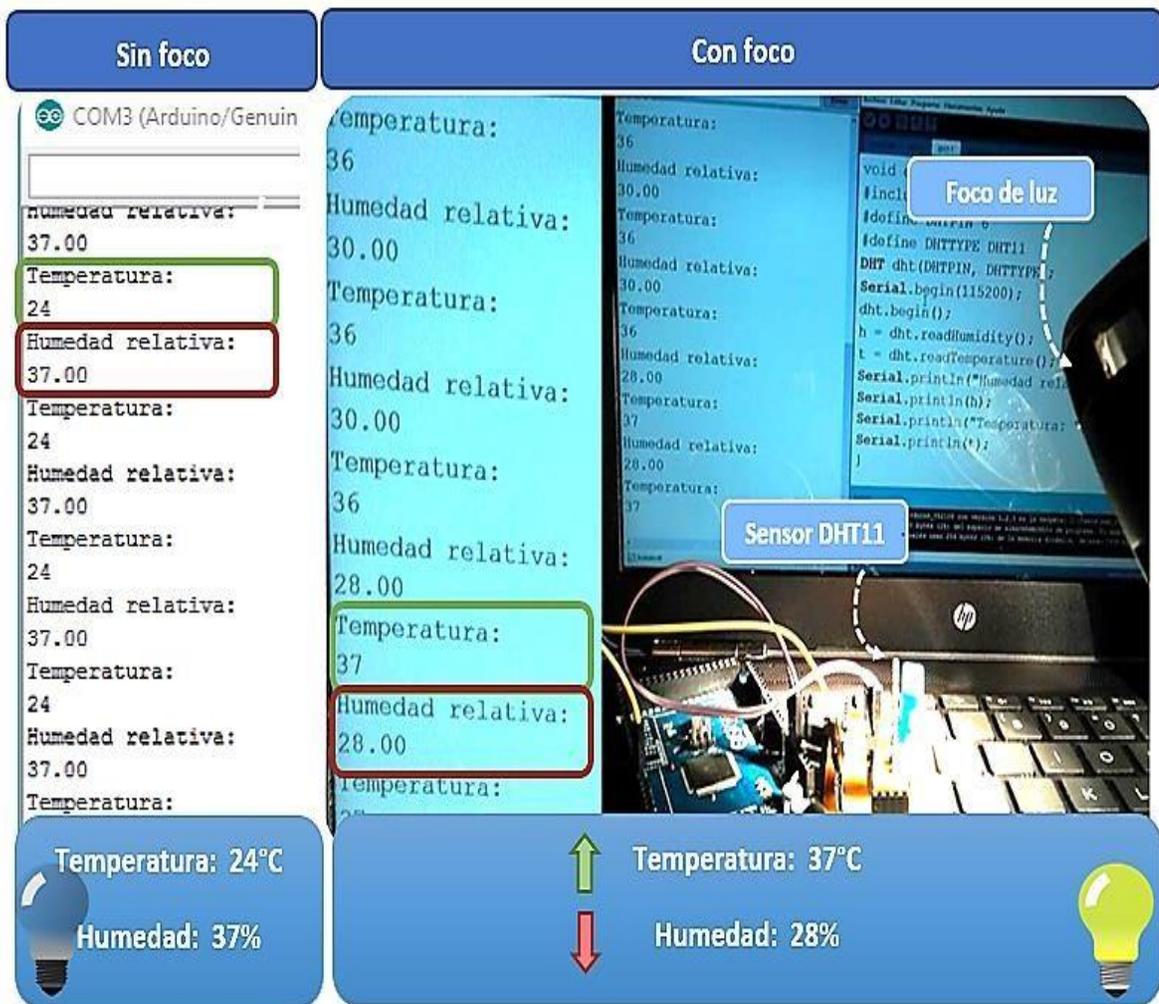
## 4 RESULTADOS Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

### 4.1 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE SENSORES.

#### 4.1.1 Datos recogidos del sensor de humedad y temperatura DHT11.

En la Figura 63 se muestran los datos recogidos en una habitación por el sensor dht11. Al lado izquierdo de la imagen se observan los datos obtenidos por el sensor sin exposición alguna y a la derecha se muestran los datos registrados con exposición a un foco, en donde se evidencia el aumento de temperatura y disminución de humedad relativa

Figura 63. Datos del sensor de temperatura y humedad.

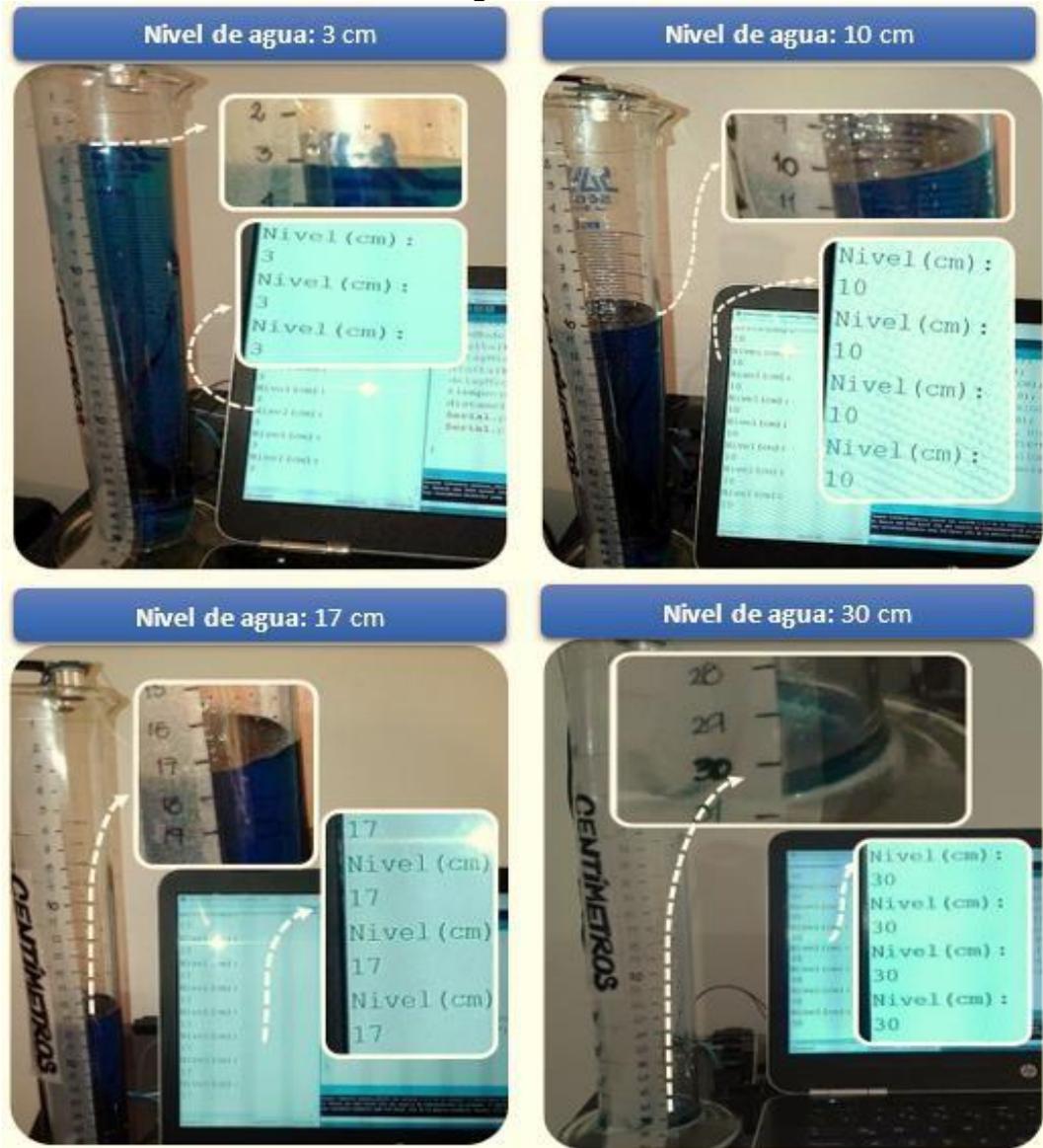


Fuente: Autor.

#### 4.1.2 Prueba del sensor de nivel de agua.

En la Figura 64 se observan algunas distancias tomadas por el sensor de distancia HC-SR04. De esta manera el sensor mide la distancia entre el agua y el mismo, por lo tanto, a menor longitud el nivel de agua será alto puesto que estará más cerca del sensor y a mayor longitud el nivel de agua será bajo ya que está lejos del sensor.

Figura 64. Prueba del sensor de nivel de agua.



Fuente: Autor.

### 4.1.3 Datos recogidos del sensor de lluvia.

En la Figura 65 se observa el cambio en la salida analógica del sensor de lluvia FC-37 dependiendo de la existencia de lluvia, en la que se registran valores altos cuando el sensor se encuentra casi seco o completamente y registros bajos cuando se encuentra líquido.

Figura 65. Registros del sensor de lluvia.



Fuente: Autor.

Como se observó, el sensor de lluvia registro un valor alto de 1023 cuando estaba completamente seco y un valor de 340 cuando tuvo líquido sobre la superficie, de esta manera el sistema identifica cuando está lloviendo.

#### 4.1.4 Prueba del sensor de calidad del aire.

En la Figura 66 se observa el aumento en la salida analógica del sensor calidad MQ135 conforme se aumentan los emisores de humo.

Figura 66. Registros del sensor de calidad de aire.



Fuente: Autor.

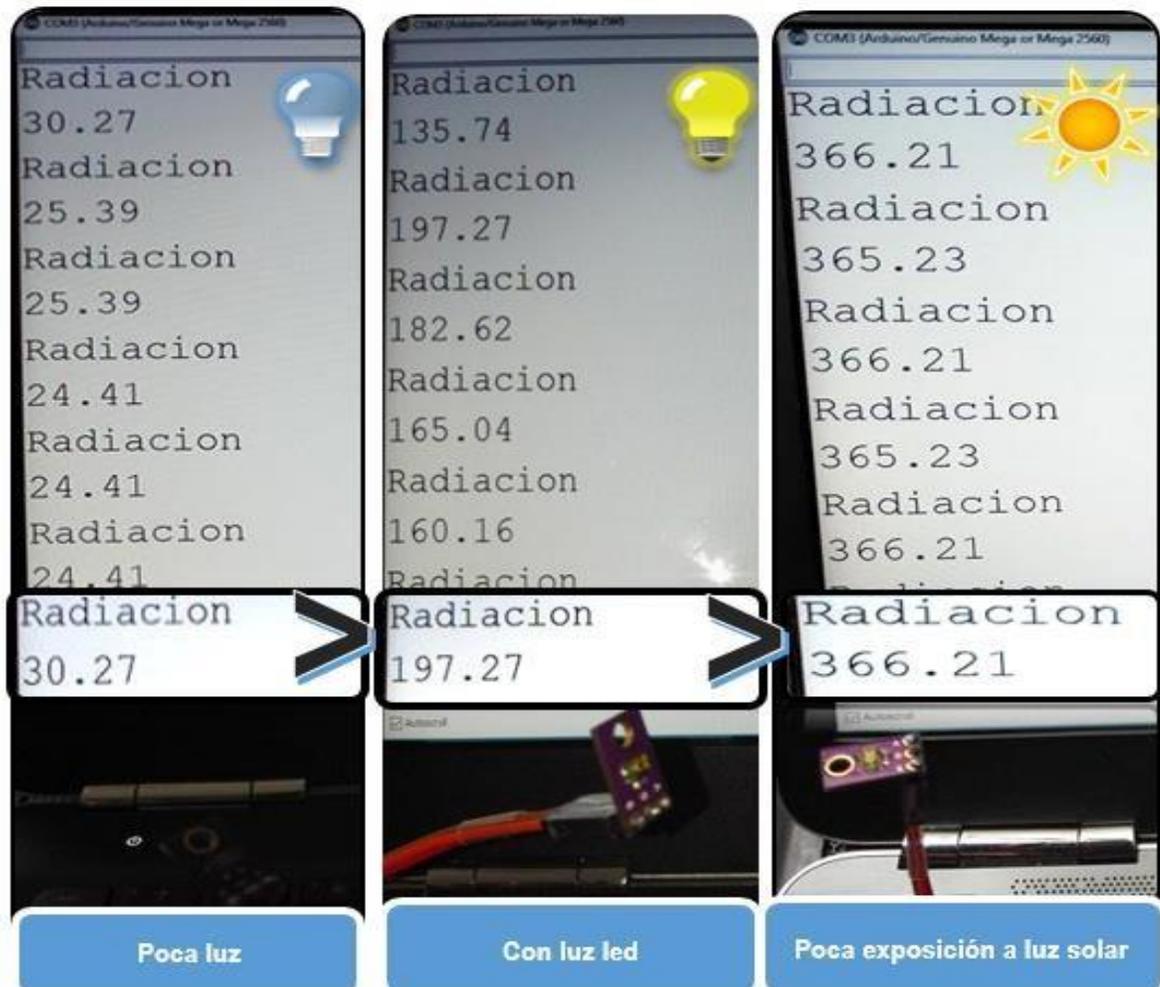
En la primera columna se observa el sensor de gas MQ135 expuesto a cinco emisores de humo con lo cual el sensor registra un valor de 560, en la segunda columna el sensor se expone solo a un emisor de humo, obteniendo un valor de 397 el cual es menor a cuando se expuso a mayor cantidad de emisores de humo, en la tercera columna no hay emisores de humo y el sensor obtiene una lectura de 98.

Por lo tanto, el sensor de calidad de aire MQ135 aumentó su salida analógica conforme a la cantidad de emisores de humo al que se expuso, sabiendo esto se definen parámetros que indican que una salida menor a 250 corresponde a una calidad de aire buena puesto que el aire probablemente este más limpio, una lectura entre 250 y 500 indicaría que la calidad del aire es regular y finalmente para valores mayores a 500 el aire está altamente contaminado y su calidad no es buena.

#### 4.1.5 Prueba variación del sensor de iluminancia.

Las pruebas realizadas para el registro de radiación se realizaron usando el sensor TEMA600 el cual mide la luz ambiente. Los registros de la Figura 67 son los valores en unidades lux tomados por el sensor, estos valores son proporcionales a la luz reflejada sobre el sensor, el cual aumenta o disminuye de acuerdo con la intensidad lumínica del comportamiento del día.

Figura 67. Lectura del sensor de luz ambiental.



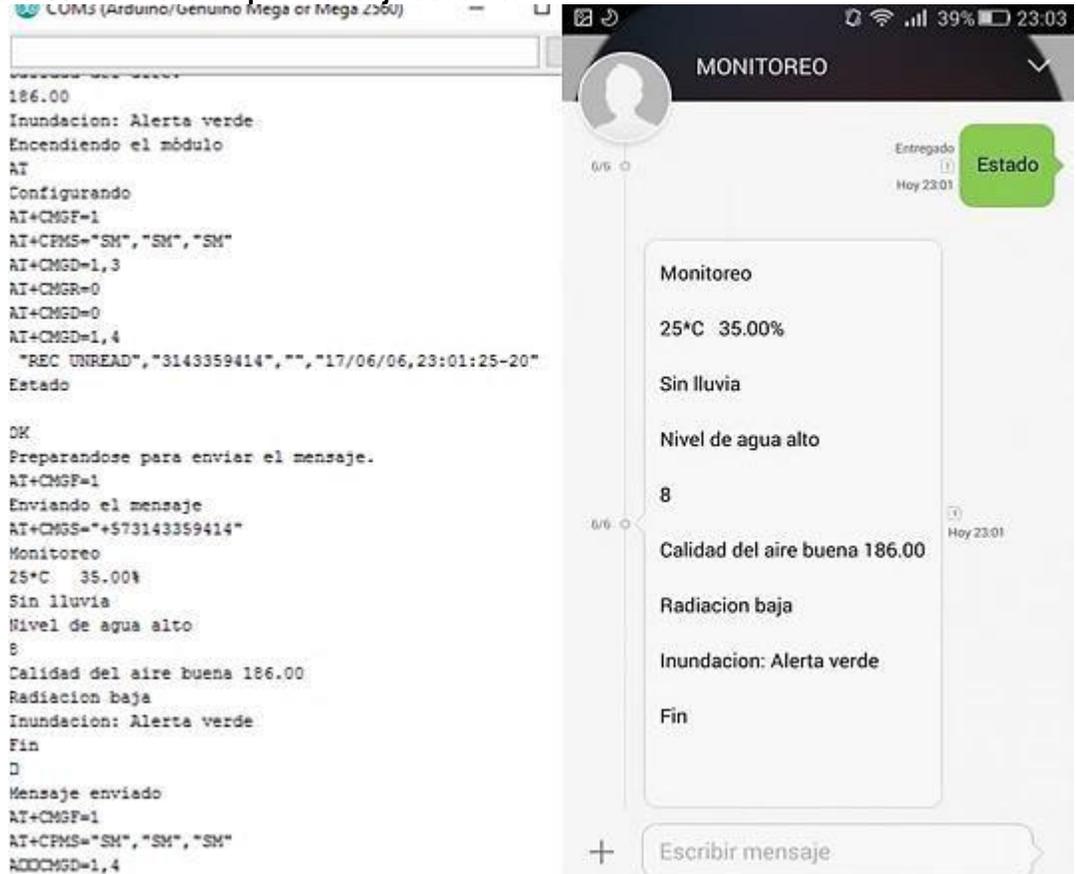
Fuente: Autor.

Como se observó el sensor TEMA6000 varia su lectura dependiendo de la luz a la que está expuesto, por lo tanto, su valor es más bajo al no ser expuesto a ninguna fuente lumínica, mientras que si es expuesto al sol su valor aumenta considerablemente. De esta forma se logran percibir los días con poca o alta luz solar.

## 4.2 PRUEBA DE RECEPCIÓN Y ENVÍO DE MENSAJES DE TEXTO.

En la Figura 68 se muestra el envío de un mensaje de texto con la palabra 'Estado' al sistema implementado, a lo que se obtiene por respuesta el monitoreo registrado en el momento y el tipo de alerta generado por lógica difusa.

Figura 68. Notificación por mensaje de texto.



Fuente: Autor.

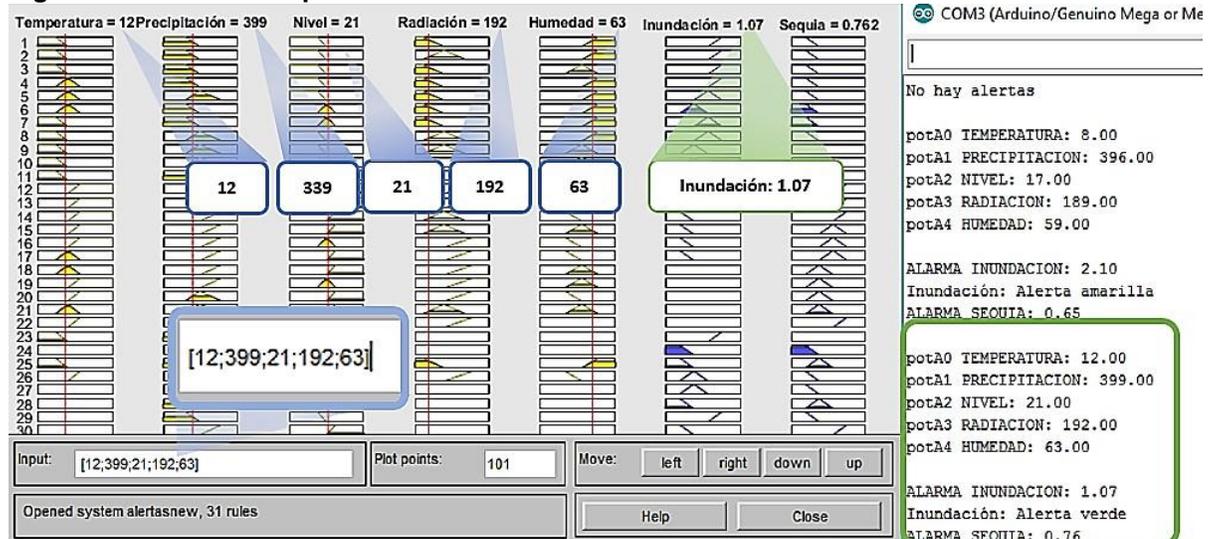
## 4.3 PRUEBA DE GENERACIÓN DE ALERTA.

Para la generación de alertas se reemplazaron los sensores por potenciómetros que simulan valores críticos. Las salidas mayores a 1 se consideran como una alerta verde, las mayores a 2 como alertas amarillas y las mayores a 3 como alertas rojas.

### 4.3.1 Alerta por inundación.

- Alerta verde por inundación.

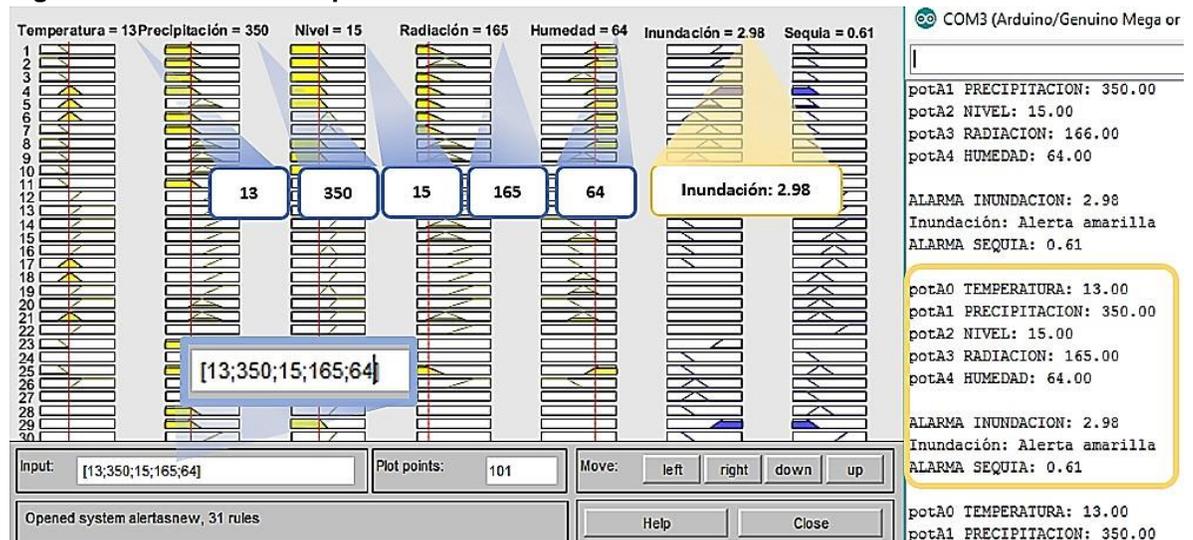
Figura 69. Alerta verde por inundación.



Fuente: Autor.

- Alerta amarilla por inundación.

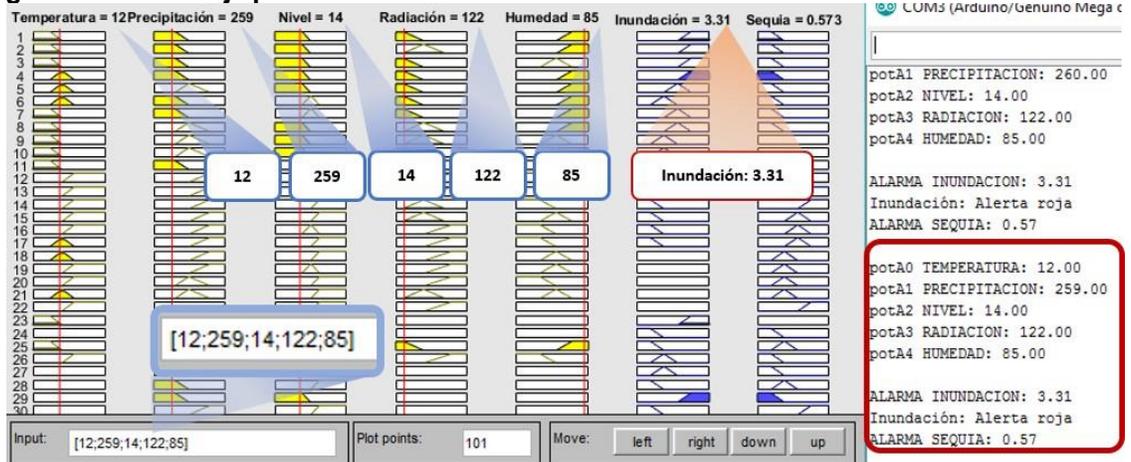
Figura 70. Alerta amarilla por inundación.



Fuente: Autor.

- Alerta roja por inundación.

Figura 71. Alerta roja por inundación.

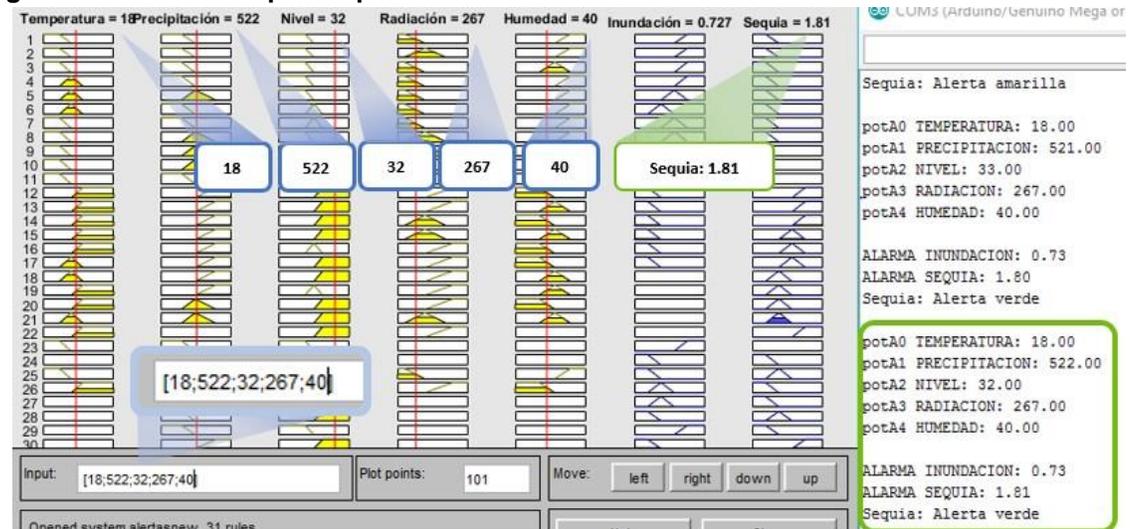


Fuente: Autor.

### 4.3.2 Alerta por sequía.

- Alerta verde por sequía.

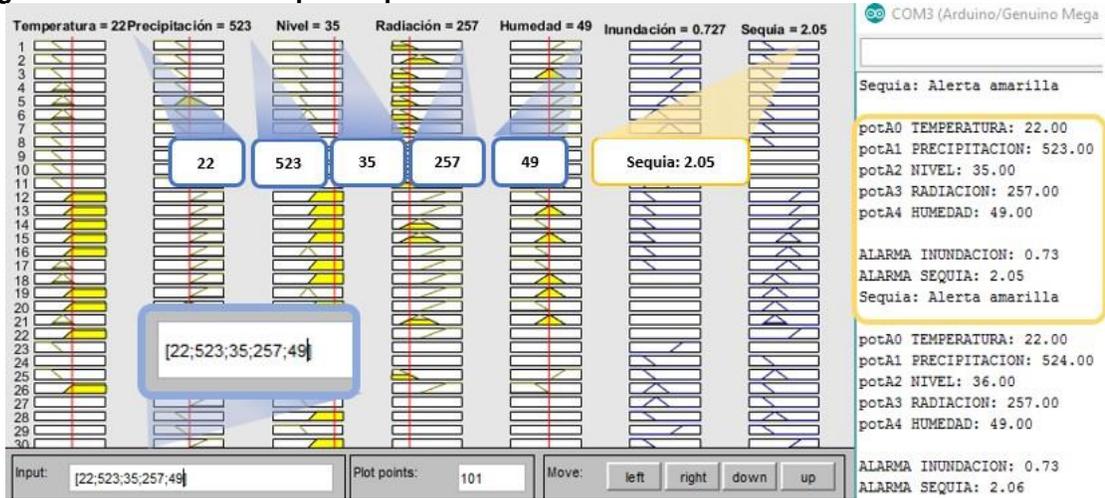
Figura 72. Alerta verde por sequía.



Fuente: Autor.

- Alerta amarilla por sequía.

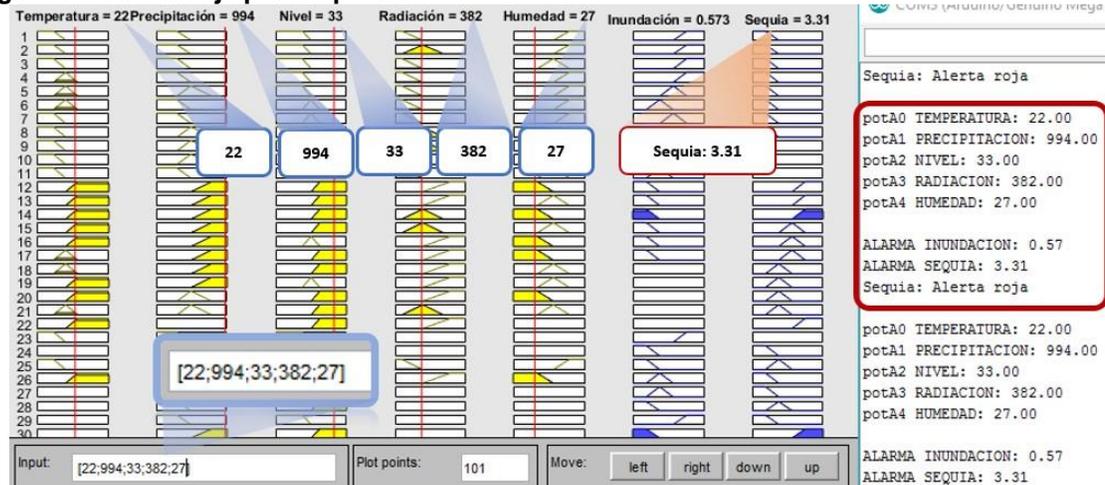
Figura 73. Alerta amarilla por sequía.



Fuente: Autor.

- Alerta roja por sequía.

Figura 74. Alerta roja por sequía.



Fuente: Autor.

## 4.4 FUNCIONAMIENTO DEL SITIO WEB.

### 4.4.1 Base de datos

En la Figura 75 se observan algunos datos guardados del sensor de humedad y temperatura DHT11, estos valores no cambian significativamente y se puede visualizar que toma una temperatura promedio de 23°C y una humedad relativa de 42%.

Figura 75. Base de datos.

registro1	registro2	fecha	id_sensor	registro1	registro2	fecha	id_sensor
41	21	2017-03-09 07:19:46	1	31	NULL	2017-03-09 07:19:46	2
41	21	2017-03-09 07:19:47	1	31	NULL	2017-03-09 07:19:47	2
42	21	2017-03-09 07:19:47	1	13		2017-03-09 07:19:48	2
registro1	registro2	fecha	id_sensor	registro1	registro2	fecha	id_sensor
1009	Sin lluvia	2017-06-10 13:04:43	3	121		2017-03-09 07:19:46	4
1009	Sin lluvia	2017-06-10 13:05:48	3	121	NULL	2017-03-09 07:19:47	4
1009	Sin lluvia	2017-06-10 13:05:56	3	121	NULL	2017-03-09 07:19:47	4
1009	Sin lluvia	2017-06-10 13:05:56	3			2017-03-09 07:19:48	4
1008	Sin lluvia	2017-06-10 13:05:48	5			2017-03-09 07:19:48	4
1008	Sin lluvia	2017-06-10 13:06:02	5			2017-03-09 07:19:48	4
1008	Sin lluvia	2017-06-10 13:06:09	5			2017-03-09 07:19:49	4
1008	Sin lluvia	2017-06-10 13:06:22	5			2017-03-09 07:19:49	4
1008	Sin lluvia	2017-06-10 13:06:28	5			2017-03-09 07:19:50	4
		52.73	NULL				
		52.73	NULL				
		54.69	NULL				
		54.69	NULL				
		50.78	NULL				
		53.71	NULL				
		50.78	NULL				
		50.78	NULL				

Fuente: Autor.

#### 4.4.2 Tabla de registros.

En la Figura 76 se muestra la tabla de registros de temperatura en la página web, en donde se visualiza la tabla con un límite de datos, los cuales están agrupados.

Figura 76 Tablas de registros.

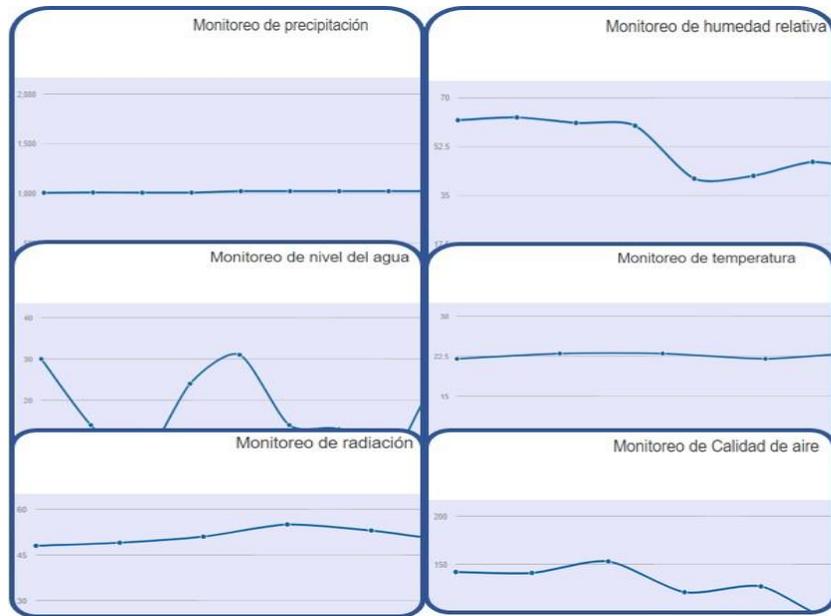
The image shows a web interface with five data tables, each with a search filter and a list of records:

- TEMPERATURA:** Monitoreo del día 11/05/2017. Records include Registro (23, 22, 23, 20, 21, 21, 23, 23) and Fecha (2017-06-06 00:02:59, 2017-06-06 00:02:45, 2017-06-05 23:53:54, 2017-06-05 23:18:08, 2017-05-24 13:02:41, 2017-05-24 13:02:28, 2017-05-13 17:17:03, 2017-05-13 02:04:34).
- HUMEDAD RELATIVA:** Monitoreo del día 06/06/2017 a 14/06/2017. Records include Registro (42, 41, 41, 41, 42, 41, 42) and Fecha (2017-06-05 11:48:54, 2017-06-05 00:18:28, 2017-06-05 00:18:17, 2017-06-05 00:17:53, 2017-06-05 00:16:45, 2017-06-05 00:16:32, 2017-06-05 00:16:22, 2017-06-05 00:16:10, 2017-06-05 00:15:47).
- RADIACIÓN:** Monitoreo del día 2017 a 19/06/2017. Records include Registro (55, 53, 50, 54, 52) and Fecha (2017-06-10 13:09:38, 2017-06-10 13:08:23, 2017-06-10 13:07:10, 2017-06-10 13:07:02, 2017-06-10 13:06:38, 2017-06-10 13:06:28, 2017-06-10 13:06:09, 2017-06-10 13:05:48).
- Nivel de agua:** Monitoreo del Día 06/06/2017 un 13/06/2017. Records include Registro (31, 30, 14, 5, 24, 31) and Fecha (06/10/2017 12:59:00, 06/06/2017 00:02:59, 06/06/2017 00:01:50, 06/06/2017 00:01:32, 06/06/2017 00:00:23, 06/06/2017 00:00:06).
- CALIDAD DEL AIRE:** Monitoreo del día 17/05/2017 a 08/06/2017. Records include Registro (1007, 1010, 1008, 1009, 1023, 1023) and Fecha (2017-06-06 00:15:21, 2017-06-06 00:15:19, 2017-06-06 00:14:45, 2017-06-06 00:00:49, 2017-06-06 00:00:41, 2017-06-06 00:00:06, 2017-06-05 23:35:45, 2017-06-05 23:22:02, 2017-06-05 23:20:01).
- PRECIPITACIÓN:** Monitoreo del día 05/06/2017 a 13/06/2017. Records include Registro (1007, 1010, 1008, 1009, 1023, 1023) and Mensaje (Sin lluvia) and Fecha (2017-06-10 13:10:38, 2017-06-10 13:00:28, 2017-06-10 12:59:00, 2017-06-10 12:57:26, 2017-06-06 00:00:06, 2017-06-05 21:09:25).

Fuente: Autor.

Asimismo, en la Figura 77 se visualizan las gráficas en las páginas de los diferentes sensores.

**Figura 77. Gráficas.**



**Fuente:** Autor.

## 4. CONCLUSIONES

El trabajo presenta un prototipo de un sistema de monitoreo con el fin de generar alertas tempranas para inundaciones y sequías en zonas que presenten alta vulnerabilidad. De acuerdo a los estudios presentados por el IDEAM algunos de los sectores más vulnerables son la sabana de Bogotá, los cerros orientales y el Macizo Chingaza que es el segundo páramo más grande de Colombia, los cuales se encuentran ubicados alrededor de la ciudad y sufren las consecuencias de los procesos y actividades que se desarrollan en ella, además del continuo crecimiento de la misma, haciendo de estas zonas de gran valor ambiental, territorios altamente vulnerables a los cambios climáticos que se presentan como el fenómeno de La Niña Y el fenómeno del Niño, indiscutiblemente estas zonas son indispensables para la región puesto que de ellas depende el recurso hidrológico de la ciudad y la actividad agrícola, por ello se hizo evidente la importancia de realizar el monitoreo de variables ambientales que intervienen en la identificación de cambios climáticos como temperatura, humedad relativa, calidad del aire, nivel de agua, presencia de lluvia y radiación.

Para ello, se consideró como alternativa de bajo costo el uso de sistemas embebidos como la Raspberry Pi y Arduino Mega, los cuales facilitaron la terminación del proyecto gracias a la cantidad de información y de código libre que circula sobre estos en la red, la compatibilidad de shields que agregan funcionalidades al prototipo como el módulo 3G de Cooking Hacks y la facilidad de transportación e implementación, además de permitir la modificación y extensión para trabajos futuros.

Para garantizar el funcionamiento de cada uno de los sensores instalados se realizaron pruebas en las que se verificaba la salida variable de los sensores respecto a los cambios externos a los que se les exponía. Asimismo, se comprobó el funcionamiento continuo del sistema al estar encendido por varias horas sin interrupción, realizando con frecuencia el envío de mensajes de texto a la espera de una respuesta por parte del módulo 3G, el cual envió los datos recogidos por los sensores sin ningún problema, además se constató que durante el período de tiempo en que se mantuvo encendido el sistema, la base de datos recibió información, guardó los datos y estos se vieron reflejados en el sitio web el cual permanecía activo y funcional inmediatamente se conectaba la Raspberry Pi a internet.

Adicionalmente, se implementó un sistema de control por medio de lógica difusa haciendo uso de la herramienta de Matlab, Fuzzy Logic, el cual se exportó posteriormente a Arduino. Este sistema de control permitió generar tres tipos de alertas: verde, amarilla y roja, para inundaciones y sequías, teniendo en cuenta las variables ambientales tomadas por los sensores, éstas alertas se representaron por medio de luces led, sonido y mensajes de texto.

Para finalizar, los sistemas de alerta temprana son de gran importancia puesto que mitigan el impacto de fenómenos naturales y pueden ser implementados con gran facilidad haciendo uso de tecnologías de bajo costo, por lo tanto, esto permite que el sistema esté disponible para ser implementado en zonas que se encuentren en riesgo y se apliquen casos de mitigación en las zonas de peligro.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM. . Boletín informativo sobre el monitoreo del fenómeno de "la Niña". *Boletín número 24*. 6 de Enero de 2011.
2. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM. Boletín informativo sobre el monitoreo de los fenómenos de variabilidad climática "El niño" y "La niña". *Boletín número 69*. 10 de Junio de 2014.
3. Cambio Climático Global. [En línea] [Citado el: 23 de Noviembre de 2016.] <http://cambioclimaticoglobal.com/causas-del-cambio-climatico>.
4. BETANCUR ALARCÓN, Laura. ¿Por qué necesitamos conservar los humedales? *EL TIEMPO*. [En línea] 30 de Enero de 2016. [Citado el: 23 de Noviembre de 2016.] <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/problematika-de-los-humedales-en-colombia-y-bogota/16495617>.
5. AGUDELO, Omar y SUÁREZ, Carlos. UN Periódico. [En línea] 12 de Abril de 2009. [Citado el: 23 de Noviembre de 2016.] <http://www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/inundaciones-en-colombia-un-desastre-que-no-es-natural.html>.
6. SEDNA, Planeta. Los fenómenos de la Niña y el Niño. [En línea] Abril de 2007. [Citado el: 2 de 12 de 2016.] <http://www.siagua.org/sites/default/files/documentos/documentos/Los%20Fen%C3%B3menos%20de%20la%20Ni%C3%B1a%20y%20el%20Ni%C3%B1o.pdf>.
7. *Estado del arte de los sistemas de alerta temprana en Colombia*. DOMÍNGUEZ CALLE, Efraín y LOZANO BAÉZ, Sergio. 148, 2014, Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Vol. 38, págs. 321-332.
8. ALMANZA, Giovanni. IDIGER. [En línea] 28 de Febrero de 2017. [Citado el: 30 de Mayo de 2017.] <http://www.idiger.gov.co/rinundacion>.
9. *Sistema embebido para la automatización de la transmisión de datos recolectados por estaciones de observación en campo*. GARCÍA, Gabriel Agustín y LÓPEZ, Emiliano Pedro. 2013, Congreso Argentino de Agroinformática, págs. 129 - 142.
10. HERNÁNDEZ BELEÑO, Ruben Dario y BASTIDAS, Henry Arturo. *Caracterización de las TIC que permitan la gestión y a la mitigación del impacto climático global en Colombia*. Programa de Ingeniería Mecatrónica y de Ingeniería de telecomunicaciones, Universidad Piloto de Colombia. Bogotá : s.n., 2013.
11. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM. *Fuertes impactos del cambio climático en los páramos de Colombia*. IDEAM. Boletín de prensa.
12. NANNETTI, Ernesto Guhl. Bogotá, Colombia y el cambio climático. [En línea] 05 de Abril de 2015. [Citado el: 29 de Mayo de 2017.] <http://www.razonpublica.com/index.php/regiones-temas-31/8370-bogota%C3%A1,-colombia-y-el-cambio-clim%C3%A1tico.html>.
13. RUÍZ, Franklyn, y otros. *Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia 2011 - 2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones - Enfoque Nacional - Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. IDEAM, MADS, PNUD, DNP, CANCELACIÓN. Bogotá : s.n., 2015. pág. 14.
14. UNESCO San Jose, MEDUCA, CEPREDENAC, Comisión Europea y SICA. UNESCO. [En línea]

2011. [Citado el: 26 de Febrero de 2017.]  
<http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/San-Jose/pdf/Panama%20MANUAL%20INFORMATIVO.pdf>.

15. BEDOYA GIRALDO, Yeferson, SALAZAR GIRALDO, Cristian Felipe y MUÑOZ LOZANO, Jhon Fredy. repositorio.utp.edu.co. [En línea] 2013. [Citado el: 25 de Febrero de 2017.] <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4350/6298B412.pdf?sequence=1>.
16. EVANS, Dave. *Internet de las cosas Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo*. CISCO. 2011. pág. 2, Técnico.
17. *En un mundo conectado de objetos inteligentes*. ACCENTURE., Fundación de la innovación Bankinter. 2011, El Internet de las Cosas, pág. 6.
18. jtorres. hipertextual. [En línea] 20 de Octubre de 2014. [Citado el: 11 de Diciembre de 2016.] <https://hipertextual.com/archivo/2014/10/internet-cosas/>.
19. EVERLET, Alvaro y PASTOR, Javier. carriots. [En línea] Octubre de 2013. [Citado el: 11 de Diciembre de 2016.] [https://www.carriots.com/newFrontend/img-carriots/press\\_room/Construyendo\\_un\\_proyecto\\_de\\_IOT.pdf](https://www.carriots.com/newFrontend/img-carriots/press_room/Construyendo_un_proyecto_de_IOT.pdf).
20. *En un mundo conectado de objetos inteligentes*. ACCENTURE, Fundación de la innovación Bankinter. 2011, El internet de las cosas, pág. 7.
21. MEJÍA NEIRA, Angel y PIÑERES ESPITIA, Gabriel. Plataformas tecnológicas aplicadas al monitoreo climático. [En línea] 02 de Diciembre de 2013.
22. *WSN deployment model for measuring climate variables that cause strong precipitation*. ACOSTA COLL, Melisa Andrea, CAICEDO ORTIZ, José Gregorio y CAMPAPINTO, Alejandro. 1, 2015, Prospect, Vol. 13, págs. 105 - 115.
23. YANG, Jue. *DESIGN AND IMPLEMENTATION OF LARGE-SCALE WIRELESS SENSOR NETWORKS FOR ENVIRONMENTAL MONITORING APPLICATIONS*. 2010.
24. ACEVEDO, Miguel, y otros. *An environmental Monitoring System with Integrated Wired and Wireless Sensors*. 2008. págs. 224 - 236.
25. *Red de sensores de larga distancia usando Zigbee para el monitoreo y la gestión del riesgo en el departamnto de Quindío-Colombia*. BUITRAGO, Jaime Alberto, MARÍN, Jorge Iván y RAMÍREZ, Julián Adolfo. 1, 2014, Revista de investigaciones - Universidad de Quindío, Vol. 25, págs. 63 - 72.
26. MARIN HURTADO, Jorge Iván, y otros. *Sistema telemétrico de variables climatológicas para la gestión del riesgo de deslizamiento*. Grupo de investigación GDSPROC, Universidad del Quindío. Armenia : s.n., 2014. Investigación.
27. *Development of Wireless Sensor Network for Monitoring Global Warming*. A.Abdullah, O.Sidek, N.A.Amran, U.N.Za'bah, F.Nikm. 2012, ICACSSIS, págs. 106 -111.
28. *Wireless sensor network system using Raspberry Pi and Zigbee for environmental monitoring applications*. NIKHADE, Sudhir G. s.l. : IEEE, Mayo de 2015, Smart Technologies and Management for Computing, Communication, Controls, Energy and Materials (ICSTM), 2015 International Conference on.
29. *Real-World Deployment of a Locally-Developed Tilt and Moisture Sensor for Landslide Monitoring in Philippines*. JR, Joel S. MARCIANO, y otros. Quezon City, Philippines : IEEE, 2011, Global Humanitarian Technology Conference (GHTC), 2011 IEEE.
30. *Hydrological Monitoring with Hybrid Sensor Networks*. FREIBERGER, Thomas V, SEDIGH SARVESTANI, Sahray ATEKWANA, Estella. s.l. : IEEE, Octubre de 2007.
31. *En un mundo conectado de objetos inteligentes*. ACCENTURE, Fundación de la

innovación Bankinter. 2011, El internet de las cosas, págs. 26-27.

32. *Telecontrol de un sistema de conservación de tanque de leche*. CEDILLO, Josselyn, RODRIGUEZ, Cristhian y MILLÁN, Marcos. Guayaquil : ESPOL, 2015.

33. *Telemonitoreo de datos cardiacos y respiratorios a través de un sistema Web con JSP*. VILORIA NÚÑEZ, César, CARDONA PEÑA, Jairo y SAAVEDRA ANTOLINEZ, Iván. 1, Barranquilla : s.n., Enero - Junio de 2014, Revista Ingeniería y Desarrollo, Vol. 32, págs. 102 - 114. Impreso: 0122-3461 En línea:2145-9371.
34. MANTILLA, Jeniffer y TUTA, Mónica. *Desarrollo de un sistema sensor de NO2 y biomaterial apto para filtro de contaminantes*. Bogotá : s.n., 2016.
35. VELASQUEZ QUINTERO, Sebastian. *Estación ambiental - Captura y transmisión de datos*. Manizales : s.n., 2015.
36. *An embedded enviromental monitoring data collecting system*. DAYONG, Yang, y otros. 2010, Information Science and Engineering (ICISE), 2010 2nd International Conference on.
37. CARBONELL POLO, Nancy Elcira y DE LA ROSA MORRÓN, Daniel Eduardo. *Prototipo de estación meteorológica para la medición de variables ambientales aplicando técnicas de diseño experimental y el uso de la plataforma embebida Arduino*. Barranquilla : s.n., 2013.
38. PEÑA GUZMAN, Carolina. *Procesos de monitoreo a la calidad hidrica del rio bogotá realizados por la corporación autónoma regional de Cundinamarca -CAR-*. Bogotá : s.n., 2010.
39. MATEI, Alexandra. *Flood Forecasting and River Monitoring Expert System in the Prahova River Basin*. SciencieDirect. [En línea] 23 de Abril de 2016. [Citado el: 2 de Diciembre de 2016.] <http://dx.doi.org/10.3182/20100929-3-RO-4017.00012>.
40. *Plataforma meteorológica de bajo costo basada en tecnologia Zigbee*. BARBOSA JAIMES, Jhon Erickson, PABÓN GONZÁLEZ, Diana Carolina y VERA ROMERO, Carlos Alberto. 25, 2014, Revista Colombiana de Tecnologías de avanzada, Vol. 1, págs. 1- 7.
41. PROGRAMACION WEB. [En línea] [Citado el: 27 de Febrero de 2017.] <https://programacionwebluz.wordpress.com/arquitectura-clienteservidor/>.
42. EcuRed. [En línea] [Citado el: 28 de Febrero de 2017.] [https://www.ecured.cu/Servidor\\_Web#Funcionamiento](https://www.ecured.cu/Servidor_Web#Funcionamiento).
43. RICO MOLINA, Enrique. DKSIGN. [En línea] 8 de Abril de 2015. [Citado el: 3 de Marzo de 2017.] <http://dksignmt.com/2015/04/08/que-es-un-servidor-lamp-y-como-instalar-uno/>.
44. MARTINEZ VALENCIA, Jorge Luis. *Diseño y desarrollo de un sistema de medición y monitoreo remoto enfocado al uso doméstico*. [En línea] [Citado el: 3 de Marzo de 2017.] <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5735/6213822M385.pdf?sequence=1>.
45. RAMÍREZ RAMOS, Osvaldo. *Simulación en simmechanics de un sistema de control difuso para el robot udlap*. Cholula, Puebla : s.n., 2008, 3.
46. GONZÁLEZ MORCILLO, Carlos. *Lógica Difusa. Una introducción práctica. Técnicas de Softcomputing*.
47. RASPBERRY PI. [En línea] [Citado el: 02 de Diciembre de 2016.] <http://www.raspberrypi.org/>.
48. GUANO CHICAIZA, Marco Santiago y SEVILLA RIOFRÍO, Alexis Wladimir. *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA RÓBOTICA PARA EXTERIORES TELEOPERADA, PARA EL LABORATORIO DE MANUFACTURA*. SANGOLQUÍ : s.n., 2015.
49. REDESZONE. [En línea] [Citado el: 23 de Febrero de 2017.] <https://www.redeszone.net/raspberrypi/>.

50. PABLO F. IGLESIAS. PabloYglesias. [En línea] [Citado el: 23 de Febrero de 2017.] <https://www.pabloyglesias.com/todo-lo-que-deberias-saber-sobre-raspberry-pi/>.
51. DIY MAKERS. diymakers. [En línea] 21 de Julio de 2014. [Citado el: 25 de Febrero de 2017.] <http://diymakers.es/usando-el-puerto-gpio/>.

52. MONICO, Jackelyn. Diferentes clases de arduino. [En línea] 16 de Mayo de 2016. [Citado el: 04 de Abril de 2017.] <http://diferentesclasesdearduino1612.blogspot.com.co/>.
53. Gigatecno. [En línea] [Citado el: 30 de Mayo de 2017.] <http://gigatecno.blogspot.com.co/2013/02/ventajas-y-desventajas-de-los.html>.
54. MENDOZA, Diego. Taringa. [En línea] [Citado el: 30 de Mayo de 2017.] <http://www.taringa.net/posts/hazlo-tu-mismo/17477034/Arduino-Vs-Launchpad-MP430-Vs-Launchpad-Tiva.html>.
55. ARDUINO. [En línea] [Citado el: 15 de Enero de 2017.] <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>.
56. La vida de un informatico. [En línea] Enero de 2011. [Citado el: 28 de Abril de 2017.] <http://vidainformatico.blogspot.com.co/2011/01/manipulando-un-celular-via-comandos-at.html>.
57. Universidad de Cádiz. UCA. [En línea] 2011. [Citado el: 20 de Febrero de 2017.] [http://www.uca.es/recursos/doc/Unidades/Unidad\\_Innovacion/Innovacion\\_Docente/ANEXOS\\_2011\\_2012/22232441\\_310201212102.pdf](http://www.uca.es/recursos/doc/Unidades/Unidad_Innovacion/Innovacion_Docente/ANEXOS_2011_2012/22232441_310201212102.pdf).
58. Vistronica. [En línea] [Citado el: 12 de Diciembre de 2016.] <https://www.vistronica.com/sensores/temperatura/sensor-de-temperatura-lm335-detail.html>.
59. Vistronica. [En línea] [Citado el: 12 de Diciembre de 2016.] <https://www.vistronica.com/sensores/temperatura/lm35-sensor-de-temperatura-detail.html>.
60. tdrobotica. [En línea] [Citado el: 10 de Diciembre de 2016.] <http://tdrobotica.co/sensor-de-humedad-y-temperatura-rht03/148.html>.
61. Vistronica. [En línea] [Citado el: 12 de Diciembre de 2016.] <https://www.vistronica.com/sensores/humedad/sensor-de-temperatura-y-humedad-dht11-detail.html>.
62. SUNROM TECHNOLOGIES. robocraft.ru. [En línea] [Citado el: 12 de Enero de 2017.] <http://robocraft.ru/files/datasheet/DHT11.pdf>.
63. Vistronica. [En línea] [Citado el: 12 de Diciembre de 2016.] <https://www.vistronica.com/sensores/proximidad-y-distancia/sensor-de-ultrasonido-hc-sr04-arduino-detail.html>.
64. Pepperl+Fuchs, S.A. PEPPERL+FUCHS. [En línea] [Citado el: 15 de Enero de 2017.] [http://www.pepperl-fuchs.es/spain/es/classid\\_182.htm](http://www.pepperl-fuchs.es/spain/es/classid_182.htm).
65. KEYENCE. Guía de sensores para fábricas clasificados por principios. Fundamentos del sensor. [En línea] [Citado el: 15 de Enero de 2017.] <http://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/ultrasonic/info/>.
66. DIOSDADO, RAÚL. Zona Maker. [En línea] [Citado el: 17 de Enero de 2017.] <https://www.zonamaker.com/arduino/modulos-sensores-y-shields/ultrasonido-hc-sr04>.
67. ARDUINO. [En línea] [Citado el: 20 de Marzo de 2017.] <https://www.arduino.cc/en/Reference/PulseIn>.
68. hyperphysics. [En línea] [Citado el: 22 de Diciembre de 2016.] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Sound/souspe3.html>.
69. Wikipedia. [En línea] [Citado el: 22 de Diciembre de 2016.] [https://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente\\_de\\_dilataci%C3%B3n\\_adiab%C3%A1tica](https://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_dilataci%C3%B3n_adiab%C3%A1tica).
70. todoexpertos. [En línea] [Citado el: 22 de Diciembre de 2016.] <http://www.todoexpertos.com/categorias/ciencias-e-ingenieria/ingenieria-quimica/respuestas/1822582/peso-molecular-del-aire>.
71. tdrobotica. [En línea] [Citado el: 12 de Diciembre de 2016.] <http://tdrobotica.co/sensor-de-monoxido-de-carbono-mq-7-141.html>.

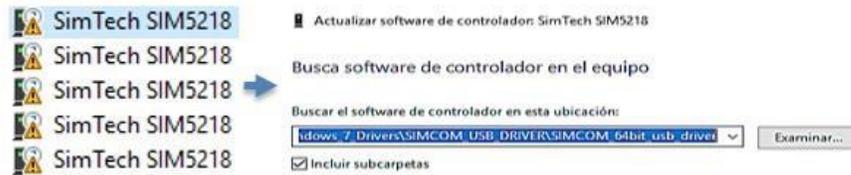
72. tdrobotica. [En línea] [Citado el: 12 de Diciembre de 2016.] <http://tdrobotica.co/sensor-de-gas-inflamable-y-co-mq-9/143.html>.
73. Vistronica. [En línea] [Citado el: 13 de Diciembre de 2016.] <https://www.vistronica.com/sensores/sensor-de-control-de-calidad-de-aire-mq-135-detail.html>.
74. LLAMAS, Luis. LUIS LLAMAS. [En línea] 21 de Octubre de 2016. [Citado el: 29 de Marzo de 2017.] <https://www.luisllamas.es/arduino-detector-gas-mq/>.
75. JOHN. Instatronic. [En línea] 16 de Octubre de 2016. [Citado el: 13 de Enero de 2017.] <http://www.instatronic.com/post/arduino-rain-sensor-fc-37-or-yl-83>.
76. LLAMAS, Luis. LUIS LLAMAS. [En línea] 13 de Febrero de 2016. [Citado el: 12 de Enero de 2017.] <https://www.luisllamas.es/arduino-lluvia/>.
77. GARDUÑO, René. Biblioteca Digital del ILCE. [En línea] 1994. [Citado el: 28 de Junio de 2017.] [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/127/htm/sec\\_10.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/127/htm/sec_10.htm).
78. GALLEGO, Antonio Javier. Gitbook. [En línea] 2016. [Citado el: 20 de Abril de 2017.] [https://ajgallego.gitbooks.io/bootstrap-3/capitulo\\_rejilla.html](https://ajgallego.gitbooks.io/bootstrap-3/capitulo_rejilla.html).
79. CARTA GONZÁLEZ, José A., y otros. *Centrales de energías renovables*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN S.A., 2009. 978-84-832-2227-0.
80. HILL, Marks: Manual del ingeniero mecánico. Estados Unidos: McGraw. EcuRed. [En línea] 29 de Mayo de 2017. [Citado el: 20 de Abril de 2017.] [https://www.ecured.cu/Bater%C3%ADas\\_de\\_Ni-MH](https://www.ecured.cu/Bater%C3%ADas_de_Ni-MH).
81. LLAMAS, Luis. LUIS LLAMAS. [En línea] 5 de Marzo de 2016. [Citado el: 5 de Marzo de 2017.] <https://www.luisllamas.es/alimentar-arduino-baterias/>.
82. CHAVEZ, Idalberto. Cubasolar. [En línea] [Citado el: 29 de Abril de 2017.] <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/energia15/html/articulo03.htm>.
83. ELECTROCOMPONENTES S.A. [En línea] [Citado el: 5 de Diciembre de 2016.] <http://www.electrocomponentes.com/articulos/diciembre06/zigbee.html>.
84. Ing. Disp. Móviles. [En línea] 15 de Febrero de 2012. [Citado el: 5 de Diciembre de 2016.] <http://ingenieria-dispositivos-moviles.blogspot.com.co/2012/02/tecnologias-inalambricas.html>.
85. Sparkfun. [En línea] [Citado el: 7 de Diciembre de 2016.] <https://www.sparkfun.com/products/13907>.
86. FOGUET CARRASCO, Álvaro. *Estudio de sistemas de comunicaciones para aplicación en robotica cooperativa*. Madrid : s.n., 2016.
87. MACTRONICA. [En línea] [Citado el: 12 de Diciembre de 2016.] <http://www.mactronica.com.co/sensor-de-rayos-uv-guvas12sd-60025700xJM>.
88. Wiring. [En línea] [Citado el: 02 de Diciembre de 2016.] <http://wiring.org.co/hardware/es/>.
89. *En un mundo conectado de objetos inteligentes*. Accenture., Fundación de la innovación Bankinter. 2011, El internet de las cosas, pág. 27.
90. SUNROM TECHNOLOGIES. robocraft.ru. [En línea] [Citado el: 14 de Enero de 2017.] <http://robocraft.ru/files/datasheet/DHT11.pdf>.
91. EVANS, Dave. *Internet de las cosas. Cómo la próxima evolución de internet lo cambia todo*. CISCO. Abril de 2011.

## ANEXOS

### Anexo A. ENVÍO Y RECEPCIÓN DE MENSAJES DE TEXTO POR HYPERTERMINAL

El módulo SIM se debe conectar directamente al computador por medio de un cable USB. Para ser reconocido por el computador se debe encender el módulo e ir a 'Administrador de dispositivos', localizar el módulo y actualizar los controladores del dispositivo para cada uno tal como se muestra en la Figura 78.

**Figura 78. Actualización de controladores.**

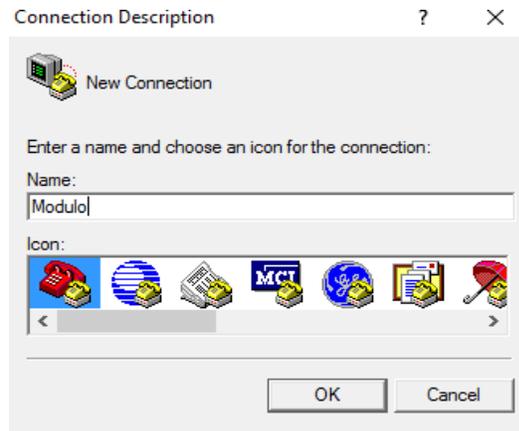


**Fuente:** Autor.

#### ▪ Envío de mensajes desde Hyperterminal.

Se inicia Hyperterminal y se asigna un nombre a la conexión en este caso "Modulo" como se observa en la Figura 79.

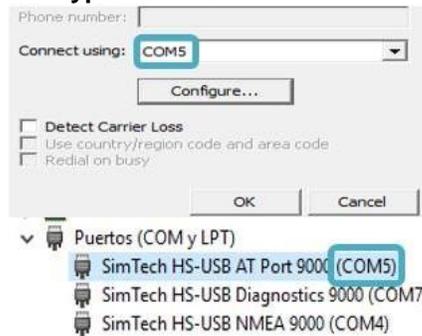
**Figura 79. Creación de una conexión nueva.**



**Fuente:** Autor.

En la Figura 80 se observa el COM que se utilizó para la conexión, el cual tiene el nombre de 'SimTech HS-USB AT Port 9000'.

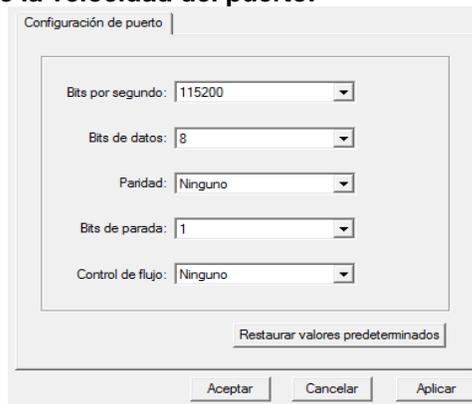
**Figura 80. Selección del COM en Hyperterminal.**



**Fuente:** Autor.

Por defecto están configurados 9600 bits por segundos, sin embargo, se editaron a 115200, como se observa en la Figura 81.

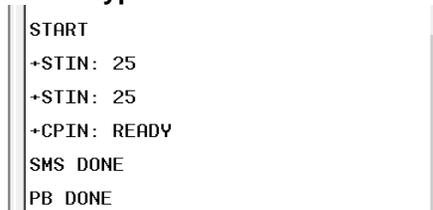
**Figura 81. Configuración de la velocidad del puerto.**



**Fuente:** Autor.

En la Figura 82 se muestra que al comenzar con la conexión Hyperterminal indica el módulo está listo y que la SIM card está siendo leída correctamente.

**Figura 82. Mensajes de entrada en Hyperterminal.**

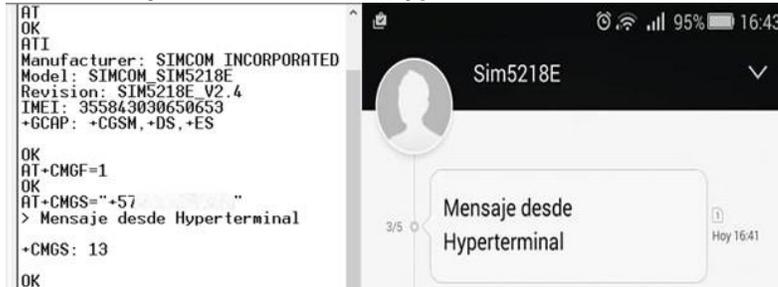


**Fuente:** Autor.

Para comenzar con el envío de mensajes de texto, se comprueba que los comandos AT están funcionando correctamente escribiendo en el terminal 'AT' a lo que devuelve OK, y se verifica la información del módulo con el que se está realizando la comunicación digitando 'ATI'. Luego se digita 'AT+CMGF=1' el cual se utiliza para especificar que se enviara un mensaje de texto y se debe entrar en modo escritura, posterior a la respuesta afirmativa del módulo se escribe el comando 'AT +

CMGS="+57xxxxxxxxx", en el cual especifica el número de celular al que se enviara el mensaje de texto, finalmente insertando 'ctrl +z' en el teclado, se introduce el mensaje que se desea enviar. En la Figura 83 se observa el envío de un mensaje de texto.

**Figura 83. Envío de mensajes de texto desde Hyperterminal.**



Fuente: Autor.

- **Recepción de mensajes de texto en Hyperterminal.**

Para la recepción de mensajes se debe especificar la memoria en la que se encuentran los mensajes para ello se ingresa 'AT+CPMS="SM"', posterior a esto se debe entrar a los mensajes con el comando 'AT+CMGF=1', para finalizar se introduce 'AT+CMGL="ALL"', comando con el que se pueden visualizar todos los mensajes de texto. Para seleccionar uno de los mensajes se ingresa 'AT+CMGR=#', siendo '#' el número del mensaje que se quiere seleccionar. Si se desea se puede borrar cualquier mensaje con el comando 'AT+CMGD=#'. En la Figura 84. se visualiza la recepción de mensajes realizada en Hyperterminal.

**Figura 84. Recepción de mensajes en Hyperterminal.**

```

AT+CPMS="SM"
+CPMS: 2,15,0,255,2,15

OK
AT+CMGF=1
OK
AT+CMGL="ALL"
+CMGL: 2,"REC READ","3143359414",,"","17/05/03,22:14:17-20"
Hola arduino
+CMGL: 3,"REC READ","3143359414",,"","17/05/03,22:15:08-20"
Hola

OK
AT+CMGR=2
+CMGR: "REC READ","3143359414",,"","17/05/03,22:14:17-20"
Hola arduino

OK
AT+CMGD=2
OK
AT+CMGL="ALL"
+CMGL: 3,"REC READ","3143359414",,"","17/05/03,22:15:08-20"
Hola

OK

```

Fuente: Autor.