

*Universidad Nacional Del Altiplano*  
*FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,*  
*ELECTRÓNICA Y SISTEMAS*  
*ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA*



***TESIS***

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
MONITORIZACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LÍNEA  
BASE DE LA CUENCA DEL RIO COATA PUNO”**

***PRESENTADO POR:***

**VLADIMIR ABELARDO AROPAZA ASQUI  
PAUL YURY SALAZAR TAPIA**

***PARA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO ELECTRÓNICO***

***PUNO – PERÚ***

***2016***

*Universidad Nacional Del Altiplano*

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y SISTEMAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN DE  
LA CALIDAD AMBIENTAL DE LÍNEA BASE DE LA CUENCA DEL RIO  
COATA PUNO”

**TESIS PRESENTADA POR:**

VLADIMIR ABELARDO AROPAZA ASQUI  
PAUL YURY SALAZAR TAPIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO  
ELECTRÓNICO**

APROBADA POR EL JURADOR REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

:

  
\_\_\_\_\_  
MG. ING. TEOBALDO RAUL BASURCO CHAMBILLA

PRIMER MIEMBRO

:

  
\_\_\_\_\_  
M.SC. GAVINO JOSE FLORES CHIPANA

SEGUNDO MIEMBRO

:

  
\_\_\_\_\_  
ING. MARCELINO GALINDO VELAZQUEZ

DIRECTOR DE TESIS

:

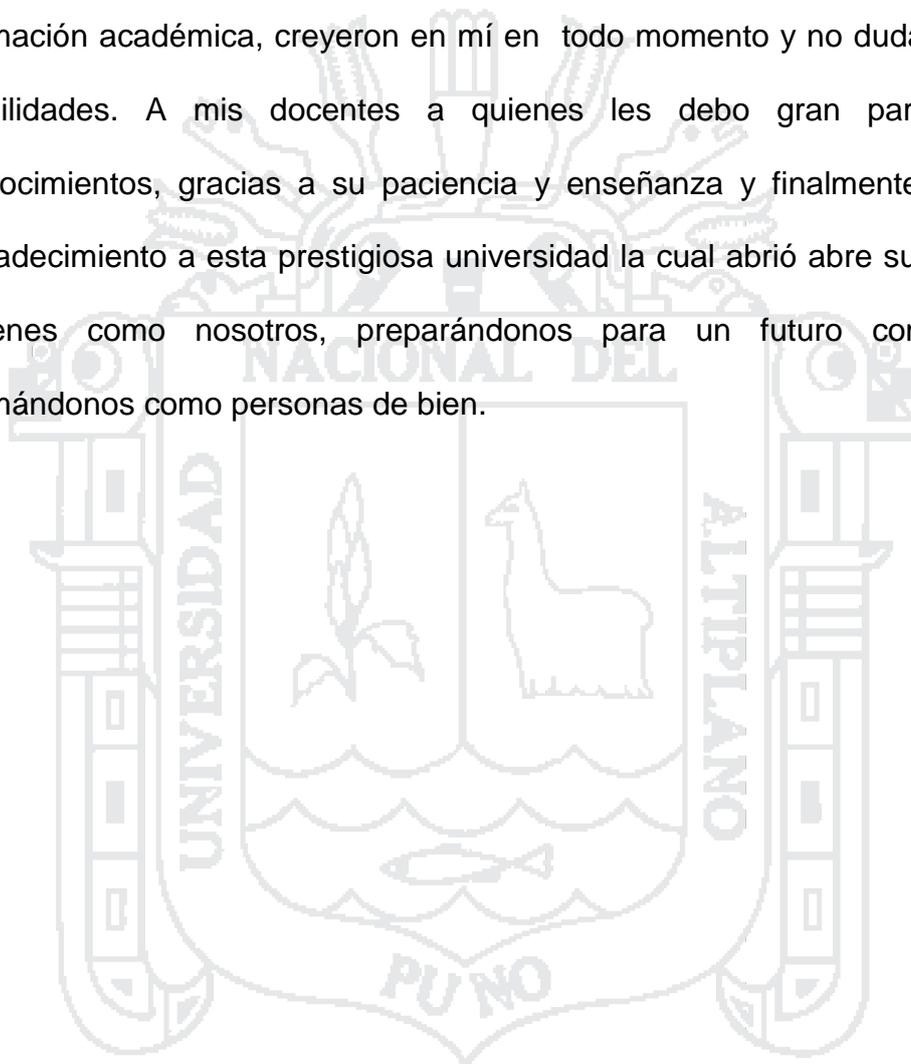
  
\_\_\_\_\_  
ING. FERDINAND EDGARDO PINEDA ANCCO

Area : Telecomunicaciones

Tema : Sistema de información geográfica.

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad hasta ahora; en segundo lugar a nuestros padres por su confianza, quienes nunca dudaron brindarnos su apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida y nuestra formación académica, creyeron en mí en todo momento y no dudaron de mis habilidades. A mis docentes a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abrió abre sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.



## DEDICATORIA

De todo corazón a Dios mi poder superior,  
quien me concedió el cambio de vida que  
tanto añore y hace posible que cumpla  
con metas tan añoradas como es este  
trabajo. A mis padres, quienes a lo largo  
de mi vida han velado por mi bienestar y  
educación siendo mi apoyo en todo  
momento depositando su entera  
confianza en cada reto que se me  
presentaba sin dudar ni un solo momento  
en mi inteligencia y capacidad.

### **PAUL YURY**

Con estima y respeto a mis padres,  
quienes con sus sabios consejos supieron  
guiarme en el transcurso de mi vida y  
apoyarme incondicionalmente sobre  
todas las cosas en mi formación  
profesional.

Finalmente dedico este trabajo a aquellos  
que siempre desearon tener una  
profesión, empero el destino desvaneció  
sus sueños en aquel camino sin retorno.

### **VLADIMIR ABELARDO**

**INDICE GENERAL**

|  |    |
|--|----|
| AGRADECIMIENTO .....   | 3  |
| DEDICATORIA .....  | 4  |
| INDICE GENERAL .....   | 5  |
| INDICE DE FIGURAS .....  | 9  |
| INDICE DE TABLAS .....   | 11 |
| RESUMEN .....  | 12 |
| INTRODUCCION.....  | 14 |
| CAPITULO I .....   | 16 |
| PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....                    | 17 |
| 1.1. Descripción de la realidad del problema de investigación..... | 17 |
| 1.2. Justificación del problema.....                               | 17 |
| 1.3. Objetivos de la Investigación.....                            | 18 |
| 1.3.1. Objetivo general.....                                       | 18 |
| 1.3.2. Objetivos específicos.....                                  | 18 |
| CAPITULO II .....  | 19 |
| MARCO TEÓRICO.....   | 20 |
| 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....                        | 20 |
| 2.2. SUSTENTO TEORIO .....   | 25 |
| 2.2.1. Redes de sensores.....                                      | 25 |
| 2.2.2.1. Elementos.....  | 25 |
| 2.2.2.2. Características de la redes de sensores .....             | 28 |
| 2.2.2.3. Arquitectura .....  | 30 |
| 2.2.2.4. Clasificación.....  | 34 |
| 2.2.2.5. Aplicaciones.....   | 37 |
| 2.2.2.6. Estándares y recomendaciones.....                         | 40 |
| 2.2.2. Sistema de monitorización.....                              | 41 |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 2.2.2.1. | Middleware de una red de sensores.....             | 41 |
| 2.2.2.2. | Servicio web .....                                 | 43 |
| 2.2.2.3. | Base de datos .....                                | 45 |
| 2.2.2.4. | Casos de desarrollo .....                          | 50 |
| 2.2.3.   | Sensor de temperatura.....                         | 51 |
| 2.2.4.   | Sensor de Co2 MG811.....                           | 52 |
| 2.2.4.1. | Características.....                               | 52 |
| 2.2.4.2. | Aplicación.....                                    | 52 |
| 2.2.5.   | Sensor PH.....                                     | 54 |
| 2.2.5.1. | Características.....                               | 54 |
| 2.2.6.   | Caja de distribución de 6 y 12 puertos.....        | 55 |
| 2.2.6.1. | Características.....                               | 55 |
| 2.2.6.2. | Aplicaciones: .....                                | 56 |
| 2.2.7.   | JACK RJ45.....                                     | 57 |
| 2.2.8.   | Módulo Wifi Serial ESP8266.....                    | 58 |
| 2.2.8.1. | Características.....                               | 59 |
| 2.2.9.   | Programación LUA.....                              | 61 |
| 2.2.9.1. | Características.....                               | 61 |
| 2.2.9.2. | Funcionamiento interno.....                        | 62 |
| 2.2.10.  | Programación C.....                                | 62 |
| 2.2.11.  | Programación Socket .....                          | 63 |
| 2.3.     | GLOSARIO O DEFINICIÓN DE LOS TÉRMINOS BÁSICOS..... | 64 |
| 2.3.1.   | Calidad ambiental .....                            | 64 |
| 2.3.2.   | Monitorización .....                               | 64 |
| 2.3.3.   | Sistema de gestión .....                           | 64 |
| 2.4.     | HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....                 | 65 |
| 2.4.1.   | Hipótesis general.....                             | 65 |
| 2.4.2.   | Hipótesis Específicos .....                        | 65 |

|   |    |
|---|----|
| 2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....                             | 65 |
| 2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE. ....                                   | 65 |
| 2.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES. ....                                   | 65 |
| CAPITULO III .....  | 66 |
| DISEÑO METODOLOGICO DE INVESTIGACION.....                             | 67 |
| 3.1. Tipo del problema de investigación.....                          | 67 |
| 3.1.1. Diseño y nivel del problema de investigación.....              | 67 |
| 3.1.2. Área de investigación.....                                     | 68 |
| 3.2. Población de la investigación.....                               | 68 |
| 3.3. Ubicación y descripción de la población o ámbito de estudio..... | 69 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos .....                                    | 70 |
| 3.5. Plan de tratamiento de datos .....                               | 70 |
| 3.6. Recursos computacionales y de hardware. ....                     | 71 |
| CAPITULO IV .....   | 73 |
| INGENIERIA DEL PROYECTO .....   | 74 |
| 4.1. PROCESO DE DESARROLLO DE DATOS DEL PROYECTO.....                 | 74 |
| 4.1.1. DIAGRAMAS DE CASO DE USO .....                                 | 74 |
| 4.1.1.1. ACTORES.....   | 74 |
| 4.1.1.2. REGISTRAR CUENTA .....                                       | 75 |
| 4.1.1.3. CREAR REPORTE .....  | 75 |
| 4.1.1.4. GESTIONAR REDES DE SENSORES.....                             | 76 |
| 4.1.1.5. ACCEDER A UN AMBIENTE DE MONITORIZACIÓN .....                | 77 |
| 4.1.1.6. GESTIONAR AMBIENTE DE MONITORIZACIÓN .....                   | 78 |
| 4.2. DIAGRAMAS DE CLASES .....  | 79 |
| 4.3. DIAGRAMAS DE DESPLIEGUE .....                                    | 82 |
| 4.4. IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN.....                                 | 84 |
| 4.4.1. Herramientas fundamentales .....                               | 84 |
| 4.5. PROTOTIPOS O INTERFACES.....                                     | 87 |

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| 4.5.1.   | Acceso inicial .....                                       | 87  |
| 4.5.2.   | Registro de cuenta .....                                   | 88  |
| 4.5.3.   | Actualización del perfil del usuario .....                 | 88  |
| 4.5.4.   | Gestión del entorno de monitorización .....                | 89  |
| 4.5.5.   | Historial .....  | 91  |
| 4.5.6.   | Gestión de redes de sensores.....                          | 92  |
| 4.5.7.   | Registro de sensores, nodos y parámetros.....              | 92  |
| 4.5.8.   | Generación de reportes .....                               | 93  |
| 4.5.9.   | Generación de gráficos .....                               | 94  |
| 4.5.10.  | Interfaz de wifi a web con socket.....                     | 97  |
| 4.1.2.   | DISEÑOS Y ESQUEMA DE PROYECTO .....                        | 98  |
| 4.1.2.1. | Calculo de ancho de banda y visitas en la web.....         | 98  |
| 4.1.2.2. | Esquema de proyecto.....                                   | 99  |
| 4.1.2.3. | Calculo de altura de antena y enlace entre dos puntos..... | 99  |
| 4.1.2.4. | Calculo de distancia entre dos puntos .....                | 100 |
| 4.1.2.5. | Puntos de muestreo .....                                   | 100 |
|          | CONCLUSIONES.....  | 101 |
|          | RECOMENDACIONES.....                                       | 102 |
|          | BIBLIOGRAFÍA.....  | 103 |
|          | ANEXOS .....   | 105 |
|          | ANEXO 01.....  | 105 |
|          | ANEXO 02.....  | 105 |
|          | ANEXO 03.....  | 106 |
|          | ANEXO 04.....  | 106 |

**INDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Estación Meteorológica. .... 23

Figura 2. Diagrama de operatividad de red de sensores..... 25

Figura 3. Arquitectura de un nodo sensor. .... 30

Figura 4. Arquitectura plana y jerárquica de redes de sensores ..... 32

Figura 5. Topologías de redes de sensores. .... 34

Figura 6. Diagrama de operatividad para la monitorización..... 41

Figura 7. Capa de Middleware. .... 42

Figura 8. Arquitectura de una plataforma web para sensores. .... 45

Figura 9. DSMS y DBMS. .... 47

Figura 10. Sensor de temperatura DS18B20. .... 51

Figura 11. Sensor de Co2 MG811..... 53

Figura 12. Diagrama de bloques del censor MG-811..... 53

Figura 13. Sensor PH..... 54

Figura 14. Caja de 6 puertos..... 56

Figura 15. Caja de 12 puertos..... 57

Figura 16. Jack RJ-45..... 58

Figura 17. Módulo Wifi..... 59

Figura 18. Diagrama esquemático Módulo Wifi. .... 61

Figura 19. Diseño de problema de investigación ..... 68

Figura 20. Mapa de ubicación de rio coata. .... 69

Figura 21. Diagrama de caso de uso: Registrar cuenta..... 75

Figura 22. Diagrama de caso de uso: Crear reporte..... 76

Figura 23. Diagrama de caso de uso: gestionar red de sensores..... 77

Figura 24. Diagrama de casos de uso: acceder a un ambiente. .... 78

Figura 25. Diagrama de casos de uso: gestionar ambiente de monitorización..... 79

|   |     |
|---|-----|
| Figura 26. Diagrama de clases .....   | 81  |
| Figura 27. Diagrama de despliegue. ....                                     | 83  |
| Figura 28. Portada de la Plataforma de Monitorización. ....                 | 87  |
| Figura 29. Registro de cuenta. ....   | 88  |
| Figura 30. Actualizar información de usuario. ....                          | 88  |
| Figura 31. Listado de data recolectada. ....                                | 89  |
| Figura 32. Entorno de monitorización en tiempo real. ....                   | 90  |
| Figura 33. Entorno de monitorización en tiempo real según sensores. ....    | 91  |
| Figura 34. Selección de un sensor y visualización de datos. ....            | 91  |
| Figura 35. Agregar sensor. ....   | 92  |
| Figura 36. Parámetros de sensores. ....                                     | 93  |
| Figura 37. Reportes de sensores por fechas. ....                            | 93  |
| Figura 38. Selección y resultado de grafico de sensor. ....                 | 94  |
| Figura 39. Grafica obtenida el día 06-07-2016 hasta el día 07-07-2016. .... | 94  |
| Figura 40. Datos obtenidos de la frecuencia de temperatura. ....            | 97  |
| Figura 41. Programación socket, Wifi y Web. ....                            | 97  |
| Figura 42. Esquema de proyecto. ....  | 99  |
| Figura 43. Calculo de altura de antena y enlace. ....                       | 99  |
| Figura 44. Calculo de distancia entre los dos puntos. ....                  | 100 |
| Figura 45. Puntos de muestreo. ....   | 100 |

**INDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Sistema distribuido de base de datos..... 49

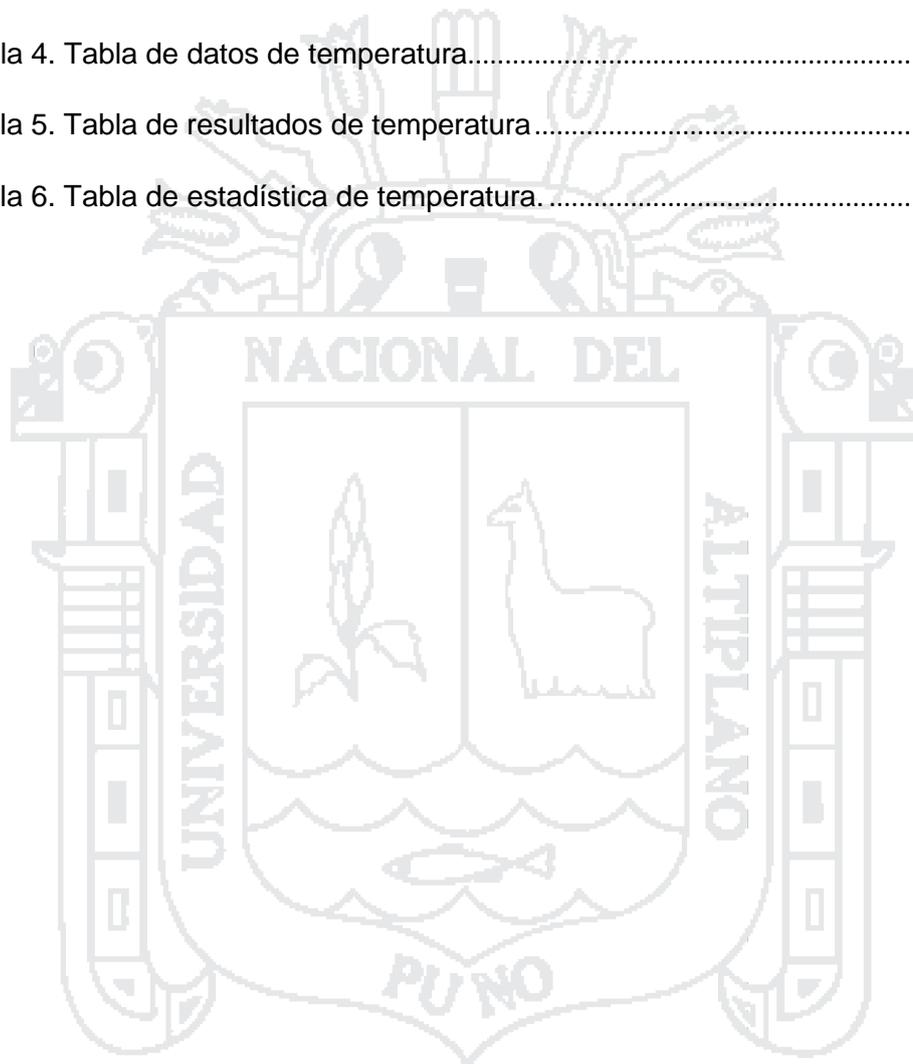
Tabla 2. Arquitectura de sistema servidores..... 49

Tabla 3. Requisitos y Características, JpGraph ..... 86

Tabla 4. Tabla de datos de temperatura..... 95

Tabla 5. Tabla de resultados de temperatura..... 96

Tabla 6. Tabla de estadística de temperatura..... 96



## RESUMEN

El trabajo de investigación describe el diseño e implementación de un sistema de monitorización de la calidad ambiental de línea base en la cuenca del río coata, el sistema implementado visualiza la concentración y grafica de los parámetros del CO<sub>2</sub>, temperatura del agua y Ph del agua, utilizando sensores digitales para obtener datos y luego visualizarlos mediante una página web. Para determinar los datos obtenidos se realizaron varias pruebas de campo obteniendo resultados satisfactorios, hasta encontrar el más óptimo. Luego se implementó la página web para poder visualizar los datos obtenidos en de cada sensor para luego enviarlo a un servidor y posteriormente visualizarlos en una web en tiempo real. Se describe cada uno de los sensores utilizados, la etapa de acondicionamiento de las señales para la conexión con un microcontrolador el cual tiene la función de realizar la captura y digitalización de las señales digitales o analógicas de los sensores para poder llevar acabo la etapa de transmisión y enviar los datos al módulo WIFI que permite hacer la comunicación con la PC.

**Palabras claves:** Monitorización, parámetros, web, microcontrolador.

## ABSTRACT

The research paper describes design and implementation of a system for monitoring environmental quality baseline in the basin of coata river, presented the implemented system displays the concentration and graph parameters C02, water temperature and Ph water, using digital sensors to collect data and then display them via a website. To determine the data obtained several field tests were carried out with satisfactory results, to find the most optimal. the website is then implemented to visualize data from each sensor and then send it to a server and then display them on a web in real time. each of the sensors used is described, the conditioning step signals for connection to a microcontroller which has the function of performing capturing and digitizing of digital or analog sensor signals to carry out the transmission stage and send the data to WIFI module that allows communication with the PC.

**Keywords:** Monitoring, parameters, web, microcontroller

## INTRODUCCION

La presente tesis titulada “Diseño e Implementación de un Sistema de Monitorización de la Calidad Ambiental de Línea Base de la Cuenca del Río Coata”, se desarrolla para brindar una alternativa fiable en cuanto a monitorización de datos en tiempo real.

El presente trabajo pretende desarrollar una plataforma web que realice la monitorización de la concentración del Co<sub>2</sub>, Ph en el agua y temperatura del agua en el puente coata, siendo ésta la cuenca de río Coata en Puno. La aplicación web de monitorización comprende los subsistemas Middleware, Service Web y una interfaz gráfica de usuario para identificar la concentración del co<sub>2</sub>, temperatura y Ph del agua.

El procesamiento y disposición de la data obtenida permitirán (i) que se conozcan cuantitativamente los niveles de concentración en la zona y su evolución; y (ii) que se disponga de información periódica.

El siguiente trabajo se circunscribe a la zona de Puno y su alcance comprende la integración a nivel técnico del sistema desarrollado en la infraestructura desplegada, con los objetivos de desarrollar un sistema de información para las redes de sensores de concentración de agua y de co<sub>2</sub> para mostrar el comportamiento periódico de la data recolectada por los sensores almacenada en una base de datos a través de una interfaz Web.

En el capítulo I, se presentan y desarrollan conceptos generales vinculados al entendimiento de la tesis, tanto en el contexto (i) ambiental, como en el de desarrollo de (ii) sistemas de monitorización y (iii) redes de sensores.

Haciendo referencias a información estadística, describiendo el marco normativo y legal, y desarrollando a nivel técnico los elementos de red relacionados.

En el capítulo II, se analiza la problemática particular, en la zona del río Coata en la provincia de Puno, bajo la metodología de marco lógico, estableciendo e identificando las causas que la originan y los efectos producidos. Asimismo, se plantean los árboles de medios fines con los cuales se aproxima e interpreta las soluciones adecuadas contra esa problemática.

En el capítulo III se analiza, diseña y desarrolla la plataforma que identifica y considera las funcionalidades de los módulos relacionados.

En el capítulo 4 se analiza y valida el sistema desarrollado a través de la verificación de las funcionalidades, pruebas de estrés, y usabilidad de usuarios.

Las conclusiones sintetizan los resultados de las pruebas y las recomendaciones registran las consideraciones para el proyecto desarrollado y para los trabajos futuros.



## PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Descripción de la realidad del problema de investigación.

A nivel global se reconocen serios, peligrosos e irreversibles daños al medio ambiente: La Organización Mundial de la Salud afirma que la contaminación atmosférica del planeta es responsable de 1,3 millones de muertes anuales, así como la falta de agua potable o la ausencia de letrinas, de 3 millones más. Las cuencas de los ríos del Perú no son ajenas a esta problemática.

Esta problemática se origina en el mal uso que le dan los pueblos aledaños, la contaminación del río Coata también es producto de los relaves mineros que ingresan desde los distritos de Santa Lucía y Cabanillas, de la provincia de San Román. Las actividades extractivas provocan graves efectos a través de sustancias que son producidas y desechadas.

Torococha, Río Juliaca constituido por los llamados Maravillas y Cacachi, este río desemboca en el Río Coata y éste último desemboca en el lago Titicaca en el poblado de Puno, ubicada en la provincia de Puno, departamento de Puno, es sabido que desde hace décadas se encuentra afectada por materiales químicos dañinos y desechos de origen mineral que no son monitoreados periódicamente.

### 1.2. Justificación del problema.

El diseño e implementación de un sistema de monitorización de la calidad ambiental implica una solución a la comunidad social para ver si existen serios, peligrosos e irreversibles daños al ambiente producto de la actividad humana.

Esta información puede ser útil para que las instituciones encargadas de dar apoyo a la población o medio ambiental y así ayuden a resolver algunos de los problemas de origen económico que se presente. Constituyendo un problema transversal que va más allá de no solo en sector ambiental, sino que también afecta significativamente a la salud, educación, política y cultura.

### **1.3. Objetivos de la Investigación.**

#### **1.3.1. Objetivo general.**

Diseñar e implementar un sistema de monitorización de gestión de una red de sensores aplicada en calidad ambiental de línea base de la cuenca del río Coata Puno.

#### **1.3.2. Objetivos específicos.**

- Diseñar el modelo de red y medio de transmisión para dimensionar los requerimientos de ancho de banda.
- Implementar un sistema de monitoreo y visualizar los datos adquiridos por los sensores mediante web, para un mejor acceso a la información.



## MARCO TEÓRICO

En esta sección se abordara la temática del monitoreo de sensores en tiempo real, el análisis del sistema para la verificación de datos adquiridos por los sensores y enviados a una base de datos, para luego visualizarlos y tener acceso a cada uno de los campos de muestreo. Como un sistema de red de sensores permitirá obtener una mejor información sobre la calidad ambiental en la cuenca del rio coata.

### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación mostraremos algunas de las principales investigaciones desarrolladas en el campo de monitorización de redes de sensores, que son relacionadas con nuestro tema de investigación.

- a) Alexander Borger , Requirements for support of ubiquitous sensor network (USN) applications and services in the NGN, proporciona una descripción y las características generales de la red ubicua sensor ( USN ) y aplicaciones de USN y los servicios. También se analizan los requisitos de servicio de las aplicaciones y servicios de USN, y especifica los requisitos de capacidad NGN prolongados o nuevos basados en los requisitos de servicio. (Borger, 2010).

Convertirse en la madurez suficiente para ser utilizado para mejorar la calidad de vida, las tecnologías de redes de sensores inalámbricos se consideran como una de las áreas de investigación clave en las industrias de la informática y de las aplicaciones de la salud. Los sistemas de salud generalizados proporcionan rica información contextual y los mecanismos de

alerta contra condiciones impares con monitoreo continuo. Esto reduce al mínimo la necesidad de cuidadores y ayuda a los enfermos crónicos y personas mayores de sobrevivir una vida independiente, además brinda atención de calidad para los bebés y los niños pequeños cuyos ambos padres tienen que trabajar. A pesar de tener beneficios significativos, el área tiene todavía grandes retos a los que se investigan en este trabajo. Proporcionamos varios estados de los ejemplos de la técnica junto con las consideraciones de diseño como escasa presencia, escalabilidad, eficiencia energética, seguridad y también ofrecemos un análisis exhaustivo de los beneficios y desafíos de estos sistemas.

- b) En la investigación de Hara, Takahiro, Tecnologías de Redes de Sensores Inalámbricos para la Información Explosión. (HARA, 2010).

Un proyecto como el descrito tiene que ser soportado por una infraestructura de red inalámbrica Wi-Fi de larga distancia de Telemedicina, que cubre la cuenca del río Napo en la provincia de Maynas, departamento de Loreto. Esta red interconecta 13 poblados rurales con el Hospital Regional de Loreto, la DIRESA Loreto y el albergue del Vicariato Apostólico de San José del Amazonas en la ciudad de Iquitos. A lo largo de esta infraestructura desplegada, se podrá acondicionar la red de sensores en puntos de interés para la monitorización de la calidad de agua y aire. Por ello, se plantea la elaboración de una plataforma que permita conocer su estado.

- c) GÓMEZ, Carles y CABALLERO, José. Sensors Everywhere Wireless Network Technologies and Solutions. Los implantes quirúrgicos como los marcapasos o los audífonos contribuyen desde hace decenios a compensar

las insuficiencias de distintos órganos. El proyecto WISERBAN está trabajando para mejorar enormemente su desarrollo mediante sistemas de comunicación más inteligentes entre este tipo de dispositivos y una reducción tanto de su tamaño como de la energía que consumen. (GÓMEZ, 2010).

- d) Jorge del Valle Arias, Aplicación de redes de sensores inalámbricos para la viticultura de precisión. (A., 2005)

La variabilidad del suelo es un concepto conocido en viticultura. Una misma parcela se comporta de maneras diferentes en sus distintas partes a pesar de estar tratada de forma homogénea, debido a la variabilidad espacial en factores como pH, drenaje, contenido de nutrientes, malas hierbas, insectos, topografía, etc. Esta variabilidad espacial provoca también una variabilidad en las características de la cosecha.

El concepto de viticultura de precisión se define como la aplicación localizada de insumos (fertilizantes, pesticidas, agua), según las necesidades concretas de cada zona dentro de una misma parcela. En otras palabras: aplicar la cantidad exacta en el lugar adecuado y en el momento preciso, mejorando la eficiencia del terreno, tratando el campo como un conjunto de pequeñas subparcelas (desde varias decenas de m<sup>2</sup>).

La aplicación de técnicas de viticultura de precisión tiene claros beneficios económicos y/o medioambientales:

- No se desperdician los insumos agroquímicos, fitosanitarios o el agua, haciendo un uso eficiente de los mismos.

- La aplicación no indiscriminada de productos químicos en los suelos hace que se reduzcan problemas de contaminación, reduciendo el impacto ambiental de las prácticas agrícolas.
- Se aumenta la rentabilidad a través del incremento del rendimiento de la planta y la reducción de costes.
- Proporciona un seguimiento estadístico de cada lote de terreno.



Figura 1. Estación Meteorológica.

Fuente: Everywhere

Hasta ahora las prácticas de viticultura de precisión se han basado en el uso de sistemas de posicionamiento GPS junto con medidas cuantitativas y cualitativas de la cosecha, que permitían trazar mapas de rendimiento. La toma de datos ambientales (temperatura, humedad, radiación solar, etc.) se ha realizado en los últimos años utilizando estaciones meteorológicas (figura 1.), transmitiendo los datos recogidos por medio de radio módems o por

GPRS. Estos equipos no están diseñados específicamente para este uso, y tienen un coste muy elevado, por lo que las instalaciones actuales no pasan de proyectos piloto, con un número reducido de estaciones, no aportando datos fiables sobre la variabilidad del terreno (para esto haría falta un equipo cada 20-30 metros).

Una red de sensores inalámbricos (WSN, Wireless Sensor Network) es un conjunto de dispositivos autónomos distribuidos por un área, que permite monitorizar y medir parámetros. Los dispositivos forman una red mesh o mallada, cuya característica diferenciadora es que la comunicación de datos entre dos puntos cualesquiera de la red se puede hacer a través de equipos intermedios que actúan como repetidores. Esto hace posible que las potencias de transmisión de los dispositivos sean muy bajas, reduciendo el consumo energético y teniendo una autonomía de hasta varios años alimentándose con una simple pila. Además la red es auto configurable, de manera que si uno de los dispositivos queda fuera de servicio, los demás se reconfiguran para enrutar los datos que pasaban a través del dispositivo caído.

Una red de sensores inalámbricos se basa en el estándar IEEE 802.15.4, sobre el que se define la especificación ZigBee. 802.15.4 y ZigBee son protocolos basados en estándares que proporcionan la infraestructura de red para aplicaciones de redes de sensores inalámbricos. (Arias, 2005)

## 2.2. SUSTENTO TEORIO

### 2.2.1. Redes de sensores

Una red de sensores está compuesta por uno o más nodos sensores, que interactúan entre ellos con el objetivo de monitorizar parámetros físicos, químicos o biológicos de un entorno geográfico, enviando la información censada a uno o más elementos encargados de almacenar esta información. El diagrama de operatividad se muestra en la figura 2.

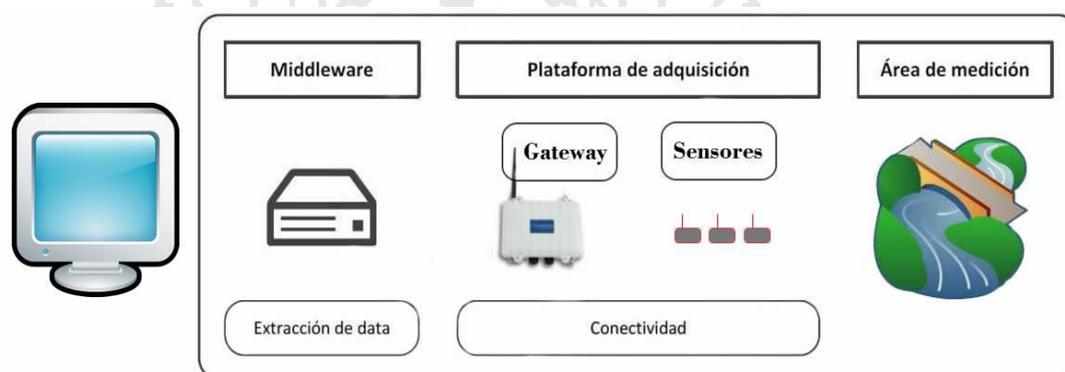


Figura 2. Diagrama de operatividad de red de sensores.

Fuente, Diagrama Everywhere.

#### 2.2.2.1. Elementos

- **Sensores**

Dispositivo electrónico que detecta una condición física o un compuesto químico, el cual envía una señal eléctrica proporcional a la característica observada. (Williams, 2009). Los sensores son dispositivos de hardware que producen una respuesta medible a un cambio en una condición física como temperatura o presión. Los sensores miden datos físicos del parámetro para ser controlado. La continua señal analógica producida por

los sensores es digitalizada por un convertidor digital a analógico y enviada a controladores para procesamiento adicional. Un nodo de sensor tendría que ser pequeño en medida, con un consumo extremadamente bajo de energía, operar en densidades volumétricas altas, ser autónomos y operar desatendido, y ser adaptativo al entorno. Como los nodos de sensor inalámbrico son típicamente muy pequeños dispositivos electrónicos, sólo pueden ser equipados con una fuente de poder limitada de menos de 0.5-2 amperio-hora y 1.2-3.7 voltios.

- **Nodo sensor o Gateway**

Dispositivo que al menos posee un sensor, además tiene capacidades de procesar la información censada y de networking. Un nodo sensor, también conocido como mote (principalmente en América del Norte), es un nodo en un sensor de red que es capaz de realizar algún procesamiento, reuniendo información sensible y comunicando con otros nodos conectados en la red. Un mote es un nodo pero un nodo no es siempre un mote. (Wikipedia, Nodo sensor, 2002).

- **Red de sensores**

Red integrada de nodos sensores interconectados alámbrica o inalámbricamente (WSN, Wireless Sensor Network) que intercambian datos adquiridos. Las redes de sensores están formadas por un grupo de sensores con ciertas capacidades sensitivas y de comunicación inalámbrica los cuales permiten formar redes ad hoc sin infraestructura física preestablecida ni administración central.

Las redes de sensores es un concepto relativamente nuevo en adquisición y tratamiento de datos con múltiples aplicaciones en distintos campos tales como entornos industriales, domótica, entornos militares, detección ambiental. (Wikipedia, Wikipedia, 2015).

- **USN middleware**

Un conjunto de funciones lógicas y herramientas basadas en software que respaldan las aplicaciones y servicios de USN. La tecnología de USN se ha convertido en uno de los principales problemas en los negocios y el mundo académico. Los servicios de USN desde un punto de vista de la seguridad y propone un modelo de seguridad de la USN middleware que desempeña un papel de puente en la vinculación de la red de sensores heterogéneos para aplicaciones USN. En el entorno de USN, redes de sensores transmiten los datos detectados desde todos los nodos sensores distribuidos a USN middleware. Y luego USN middleware procesa los datos recibidos de detección, hace que la información de soporte de servicio de aplicación específica, y transmite la información de apropiarse de la aplicación de USN. Así, USN middleware juega un papel significativo en el servicio USN. Si se compromete el middleware USN, servicio USN podría no estar funcionando normalmente. Por lo tanto, la seguridad en USN middleware es muy importante. (Kim, Mi Yeon Yoon, & Hyun Jeong Cheol, 2009).

### 2.2.2.2. Características de la redes de sensores

Algunas características particulares de las redes de sensores inalámbricos son la disponibilidad de recursos, la forma de comunicación y las capacidades de direccionamiento; asimismo, poseen características similares a una red estándar ad-hoc o multi-hop.

- **Recursos limitados**

El tamaño de los sensores es muy variable, ello limita, a pesar de la tendencia de miniaturización, sus capacidades de procesamiento, almacenamiento, capacidad de comunicación. Uno de los recursos más esenciales es la energía, ya que de ella depende el período de autonomía en estado activo o inactivo (que pueden ser horas, meses e inclusive años). El período de vida de un sistema de sensores depende individualmente de los sensores, asimismo, la carencia de energía en los elementos que realizan el enrutamiento, el procesamiento de información y las configuraciones automáticas afectará todo el sistema.

- **Gran número de sensores**

Actualmente se despliega una gran cantidad de sensores para diversas aplicaciones debido a sus ventajas y bajo costo de producción. Si se tiene mayor número de sensores, la precisión de adquirir datos aumentará y se preverá la pérdida de información debido a fallas. Sin embargo, esto aumenta las complejidades de organización y procesamiento de datos; y en consecuencia, los protocolos de enrutamiento y técnicas de

procesamiento deberán considerar el número de elementos de la red de sensores.

- **Data Centric Routing - Enrutamiento basado en datos.**

Los nodos en las redes de sensores no poseen una sola dirección o identificador, ya que están orientados en su mayoría a la información recolectada. Es decir, los sensores están identificados por el lugar donde se encuentran y la información que obtienen de éste, en lugar de que posean una dirección IP, por ejemplo, como sucede en las redes tradicionales.

- **Desafiante intercomunicación**

Las WSNs emplean tecnologías de comunicación inalámbrica, ofreciendo flexibilidad y bajos costos de implementación. Debido a que el rango de transmisión que alcanza un nodo sensor es limitado, se emplea una solución basada en una comunicación multi-hop. Además, existen diversas limitaciones en la propagación que crean una incierta y variable calidad de enlace que los protocolos de comunicación para WSN deben suplir. (Claycomb, 2011).

Otra característica a tomar en cuenta, es el mínimo requerimiento de ancho de banda y su reutilización si se compara con otras tecnologías de networking ya que la información recolectada por los sensores es codificada usando un número limitado de bytes y transmitido a una baja tasa; sin embargo, esta última característica depende de la aplicación que se esté empleando. (Claycomb, 2011).

### 2.2.2.3. Arquitectura

- **Arquitectura de un nodo sensor**

La arquitectura de una red de sensores debe tener como objetivos cubrir el área deseada con un mínimo número de nodos sensores que cumplan con las limitaciones de Calidad de Servicio (QoS), costo, escalabilidad y confiabilidad para una determinada aplicación, siendo esencial plantear una estrategia de despliegue tal como se muestra en la figura 3.

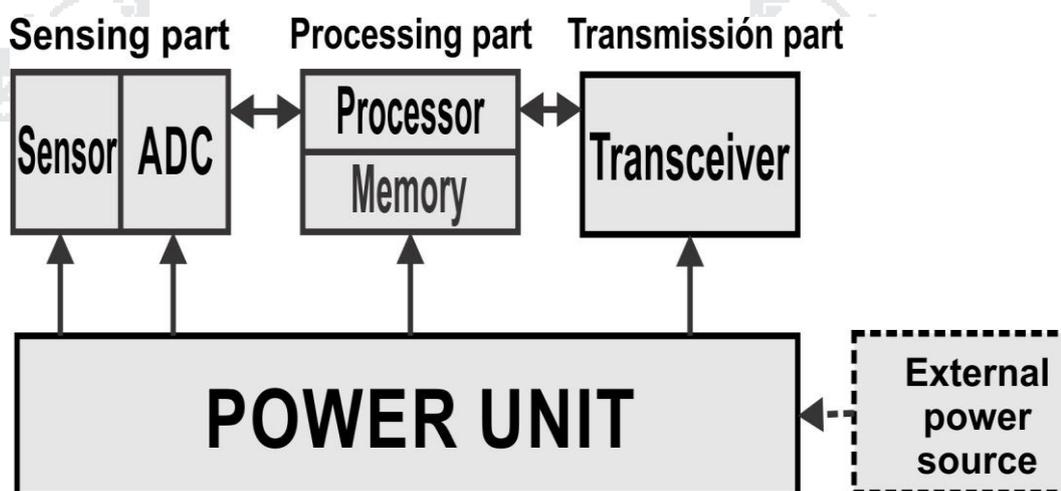


Figura 3. Arquitectura de un nodo sensor.

Fuente: Diagrama Everywhere

- **Arquitectura de red de sensores**

Una red de sensores está compuesta por una gran cantidad de nodos sensores desplegados en un determinado lugar de interés y por uno o más Gateway. Todo el flujo de la data recolectada viaja desde los sensores hacia redes externas. Cada nodo sensor emplea para la transmisión y recepción, saltos de larga distancia (single-hop long-distance), empleando más energía a pesar de ser recurso limitado; o saltos múltiples de corta

distancia (multihop short-distance), donde los nodos sensores están desplegados cerca a otros logrando que la comunicación a corta distancia sea eficiente respecto al uso de recursos. La energía consumida en la transmisión es muy alta comparada con los procesos de adquisición de datos y computación [WSN-NP]. Los saltos múltiples de corta distancia permiten reducir el tráfico y la distancia de transmisión, por tanto se ahorra energía y se prolonga el tiempo de vida de la red. Este tipo de arquitectura se organiza en (i) plana y (ii) jerárquica, las cuales serán descritas a continuación:

#### **a) Arquitectura plana – Flat Architecture**

En este tipo de topología, cada nodo sensor posee la misma tarea de adquisición de datos y son semejantes. Ellos se comunican con el Gateway mediante rutas de saltos múltiples y emplea los nodos sensores de su entorno como siguiente salto. Asimismo, se usa data-centric routing abarcando una determinada cantidad de sensores que cubren una región geográfica específica cuando se realiza una consulta.

#### **b) Arquitectura jerárquica**

En esta arquitectura, los nodos sensores se organizan por grupos, donde se tiene un nodo sensor central quien recibe la información de los demás de su grupo, la procesa y la envía al Gateway o nodo principal. Este modelo contribuye a la reducción del uso de energía en la comunicación, al balanceo del tráfico y a la escalabilidad de la red. Inclusive, el nodo sensor central de cada grupo puede, adicionalmente, tener las características de

interpretar, reducir y organizar la cantidad de data entregada por los otros, con el objetivo de hacer eficiente el uso de la energía de la red.

Por otro lado, la organización en grupos, la selección de los nodos sensores centrales según las distancias entre ellos y los grupos a los que pertenecen originan nuevas estrategias de agrupamiento siendo por single-hop y multihop; así como también, según el número de niveles de agrupamiento en single-tier y multier clustering.

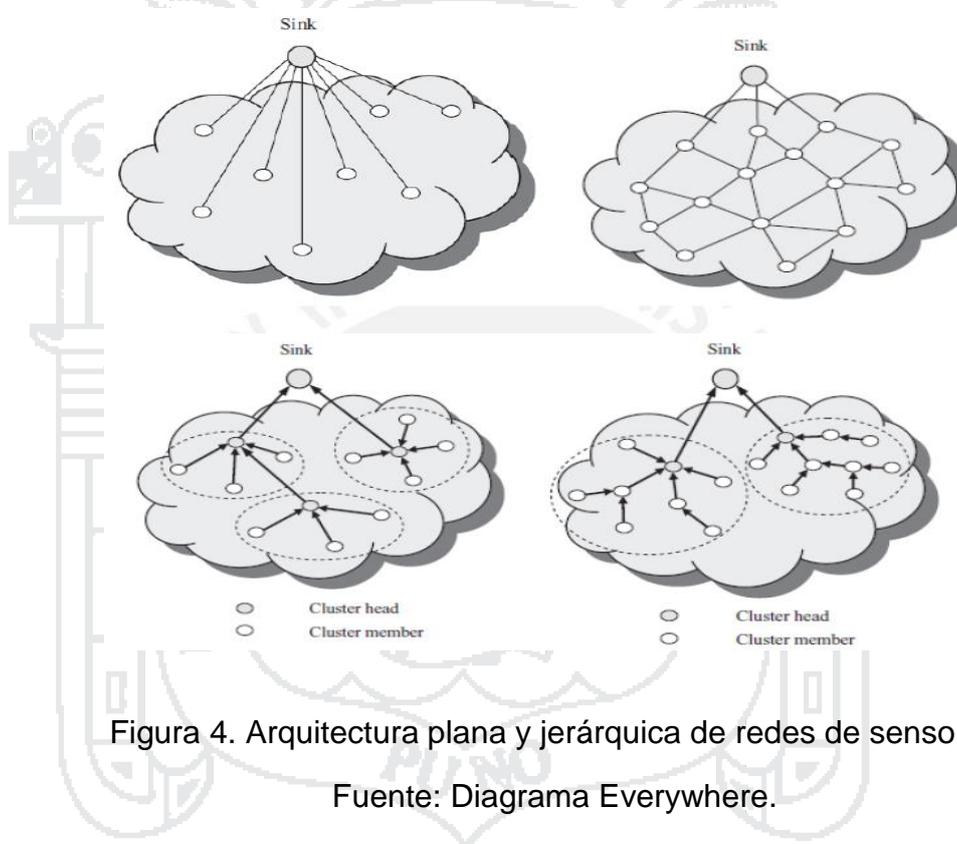


Figura 4. Arquitectura plana y jerárquica de redes de sensores

Fuente: Diagrama Everywhere.

### Topologías de WSN – Modelo Tradicional

Entre las principales topologías se hallan los tipos estrella, árbol y malla; pudiendo combinarse entre ellas ya que WSN lo soporta.

- **Topología estrella.**

En esta topología se encuentra el nodo sensor principal en el centro y es quien realiza las tareas de administrar la transmisión de la información

recolectada los nodos aledaños, así como el enrutamiento. Dado que existe solo un enlace entre los nodos sensores y el principal, confiere la carencia de emplea rutas alternativas para establecer un enlace, por tanto es posible la pérdida de información. En general, ésta es usada en áreas limitadas.

- **Topología árbol**

Cada nodo sensor posee un nodo superior, el cual será el siguiente salto para enviar la data adquirida y es comúnmente llamado “nodo padre” mientras que los que reportan a estos, “nodos hijos”. Mientras que el nodo a quien se reportan todos es el nodo sensor raíz, que actúa como un sink node en la red.

Esta topología no presenta redundancia de enlace, ya que existe una solo forma de llegar al nodo raíz desde cada nodo sensor, estando expuesta a fallas, por ello, en algunas soluciones se colocan más de un nodo raíz.

- **Topología malla**

Todos los enlaces de comunicación son aprovechados por los nodos sensores, cada uno comunica a los que se encuentran a su alrededor dependiendo del rango de cobertura según su radio y si se ha creado una ruta entre éstos. Por tanto, es adecuada para las aplicaciones donde la comunicación entre todos los elementos de la red es esencial, y no es necesario nodos sensores con mayores características de procesamiento, enrutamiento y almacenamiento.

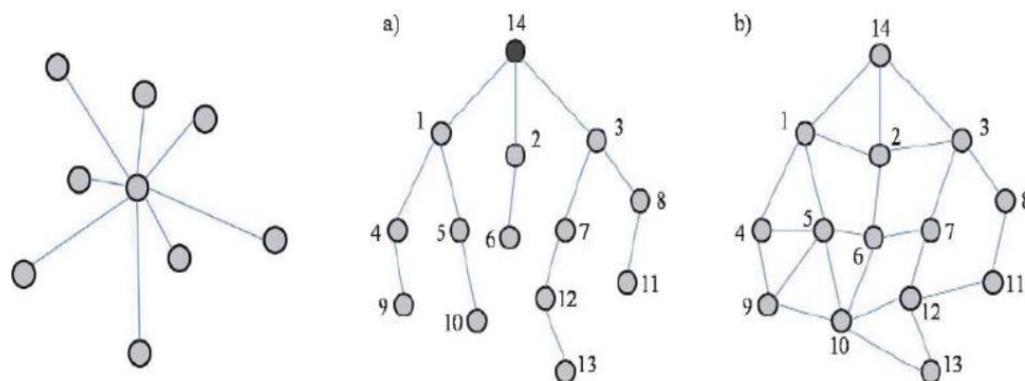


Figura 5. Topologías de redes de sensores.

Fuente: Sensor Everywhere.

#### 2.2.2.4. Clasificación

Las redes de sensores inalámbricos poseen características diferentes según su aplicación. Se clasifican en las siguientes categorías:

- **Red estática y móvil.**

Conforme a las características de los nodos sensores si son estáticos como en la mayoría de casos, o móviles para llevar a cabo la adquisición de datos como el control de fauna. En éste último tipo de red, se considera la flexibilidad y capacidad de movimiento, haciendo que sea más compleja en la implementación respecto a la red estática de sensores.

- **Red determinista y no determinista.**

Según el posicionamiento de cada elemento de la red de sensores puede ser determinista, si se planeó la posición exacta de los elementos antes de su implementación en el campo; o no determinista, si para la implementación, el despliegue de los elementos es aleatorio debido al difícil y hostil acceso a la región de interés, aumentando la complejidad del

control de los nodos sensores y favoreciendo la escalabilidad y flexibilidad de la red.

- **Red con (Data-sink) Gateway estático o móvil**

El data-sink puede ser estático, facilitando su control y el acceso de los nodos sensores por encontrarse en la misma área; sin embargo, cuando todos los nodos sensores cercanos le envían información, el tráfico aumenta significativamente ocasionando que éstos fallen continuamente y dejen de operar (esto es conocido como “el efecto hotspot”). Por el contrario, si el data-sink está en constante movimiento alrededor de la región de censado, es posible el balanceo de la carga de los nodos sensores evitando el efecto negativo antes mencionado.

- **Red de uno y varios Gateway**

La red de sensores puede estar compuesto por un sink localizado dentro o cerca del área de adquisición de datos; o de muchos sink desplegados dentro y/o cerca de la región de interés disminuyendo el “efecto hotspot” ya que los nodos sensores envían los datos recolectados al sink más cercano.

- **Red de uno y varios saltos**

Conforme a número de saltos que realiza un nodo sensor para que su data sea enviada al “data-sink” se organiza en una red “single-hop” o “multi-hop”. Respecto a la red “single-hop”, debido a que el nodo sensor envía la data directamente se hacen sencillo el control y la implementación, y se reduce costos, pero se consume más energía y procesamiento al tener que

recorrer una distancia mayor correspondiente al enlace inalámbrico; por tanto, mientras mayor sea la distancia del nodo sensor al “data-sink”, el tiempo de vida del nodo sensor será menor. A su vez, si se incrementa los nodos sensores, el tráfico en el “data-sink” será mayor e incrementará las posibilidades de colisiones. Por el contrario, una red “multi-hop”, los nodos sensores transmiten la data a través de uno más nodos intermedios haciendo que la distancia entre nodo sensor y “data-sink” se acorte; asimismo, este tipo de red permite que los nodos intermedios analicen la data reduciendo el tráfico transmitido al siguiente nodo y de esta manera optimizando el uso de la energía disponible.

- **Red auto configurable y no auto configurable**

Según la capacidad de configuración de los nodos sensores, las redes de sensores se clasifican en (i) no auto-configurable si no poseen la forma de organizarse, comunicarse o aunarse a una red de sensores existente y dependen de un nodo controlador para lograrlo, siendo comúnmente empleada en redes de pequeña escala; y (ii) auto-configurable, caracterizada por organizarse y mantener la conectividad de forma autónoma y colaborativa, favoreciendo la escalabilidad de la red.

- **Red homogénea y heterogénea**

De acuerdo a la uniformidad de las capacidades de energía, procesamiento, computación y almacenamiento de los nodos sensores, se tiene redes homogéneas, si se mantiene la igualdad de esas características en todos los nodos sensores; mientras se tendrá redes heterogéneas si

algunos de los nodos poseen mejores propiedades que otros, como mejores capacidades de conectividad o procesamiento, lo que permite mejorar el uso de energía e incrementar el tiempo de vida de los nodos.

#### **2.2.2.5. Aplicaciones.**

Gracias a su flexibilidad, despliegue raudo, confiabilidad, auto-organización, bajo costo, e incluso resistencia a climas variables, las redes WSN poseen un amplio rango de aplicaciones tales como militar, monitorización del medio ambiente, cuidado de la salud, exploración científica, domótica, entre otras.

- **Aplicaciones en el área militar**

Además de las características que presenta WSN, éstas pueden ser desplegadas en un área hostil sin la necesidad de una infraestructura, aportando a combates inteligentes con menos participación directa de personas, que forma parte del futuro sistema militar C3I (Military command, control, communication, and intelligence). (Aransay, 2009).

WSN pueden ser empleadas en la monitorización del campo de batalla, detectando la presencia de fuerzas opuesta y sus vehículos, sus recorridos y movimientos permitiendo que éstos se encuentren supervisados; protección de objetos, desplegando sensores en plantas atómicas, gaseoductos, centros de comunicación o campamentos militares para su protección; guiado inteligente, ya que es posible montar sensores sobre vehículos no tripulados, tanques, submarinos, misiles o torpedos guiados hacia un objetivo o coordinar entre ellos para obtener una estrategia más eficiente; o en la adquisición de datos remotos, para obtener

información de armas químicas, biológicas o nucleares y detección de ataques terroristas.

- **Cuidado de la salud**

Una red Wireless Biomedical Sensor Network (WSBN) envía alertas inmediatamente al detectar una anomalía en señales fisiológicas de electrocardiogramas ECG, lo cual permite un eficiente control de los pacientes. (Morgalo, 2011).

En este sector, se emplea WSN en la monitorización del comportamiento, donde los sensores se despliegan en el hogar del paciente para supervisarlos pudiendo ofrecerle o recordarle indicaciones por radio o televisión; o en la monitorización médica, integrando los sensores a una red de área corporal para obtener información de los signos vitales, parámetros ambientales, ubicación geográfica, y reportarlos constantemente en su historial médico.

Además, en la monitorización remota de virus, implementando una red de sensores inalámbricos en la región infectada para conocer el estado y las características de la población infectada, así como también obtener información de medio ambiente y concluir si se contribuye con la proliferación del virus.

- **Monitorización del medio ambiente**

Esta área de aplicación, la cual es reciente y está emergiendo raudamente, permite supervisar condiciones medioambientales a través de variables físicas, químicas o biológicas. Enfocándose, por ejemplo, en conocer el

estado de los hábitats de fauna y flora salvaje o que se encuentran peligro de extinción, siendo las redes de sensores inalámbricos versátiles y con capacidad de auto organización. Por ejemplo en la prevención de incendios forestales; es posible la monitorización de la calidad de agua, aire o suelo, evaluando a través de sensores para cada índole, la calidad ambiental y adoptar medidas adecuadas según las normas establecidas; monitorización de desastres, naturales o causados por el hombre, con la finalidad de detectar oportunamente incendios, inundaciones, huaycos, erupciones volcánicas, entre otros desplegando amplias redes de sensores en la región de observación. (Morgalo, 2011).

- **Exploración científica**

Dadas las características de la red de sensores inalámbricos, como el eficaz despliegue, capacidad de auto organización y resistencia a condiciones ambientales extremas en algunos casos, es posible la exploración de regiones profundas del océano o las alejadas como del espacio exterior. (Mohammad, 2005).

- **Control de procesos industriales**

Usando WSN se puede optimizar procesos industriales e incrementar desempeño de las maquinarias, integrando sensores a las maquinarias en los lugares difíciles de acceder para los operarios para obtener información sobre su condición y enviar alertas de prevención para el mantenimiento, por ejemplo, de algún elemento; de la misma manera para controlar las condiciones físicas o químicas a las que debe estar cierto producto para

mantener la calidad de la producción. El mantenimiento debe ser periódico y no cuando realmente las maquinarias lo requieren grandes inversiones; sin embargo éstos pueden evitarse si se tiene un control sobre ellas. (ZHENG, 2009).

- **Domótica – Home Intelligence**

Las redes de sensores se están aplicando cada vez más en los hogares para conseguir ambientes más cómodos e inteligentes. Aplicándolos en la monitorización de los medidores de luz, agua o gas manteniendo informado al usuario sobre sus consumos; o integrándolos a la red doméstica con la finalidad de controlar y operar dispositivos electrónicos. (ZHENG, 2009).

#### **2.2.2.6. Estándares y recomendaciones**

Gracias a los principales estándares, los sensores de diferentes fabricantes pueden inter operar y ser de bajo costo, lo cual permite que el desarrollo y las aplicaciones en WSN resulten exitosos.

- **IEEE 802.15**

Este estándar fue elaborado por el Grupo de Trabajo 4 de IEEE 802.15, encargado de “obtener un estándar de bajo costo, consumo, complejidad y tasa de transmisión inalámbrica entre dispositivos de bajo costo”, en el que se especifica el funcionamiento de las capas Física (PHY) y MAC (Medio Access Control) de una interfaz de radio de baja potencia. Además, al nivel de la capa física, es capaz de coexistir con otros estándares IEEE como el 802.11 y el 805.15.1 (WLAN y Bluetooth); y en la capa MAC es posible la administración de la data para las capas superiores, incluyendo la

sincronización, administración de los timeslot, asociación y separación de dispositivos de la red, así como mecanismos básicos de seguridad. Este estándar de interfaz de radio es el más difundido y empleado en WSN. (ZHENG, 2009).

### 2.2.2. Sistema de monitorización.

Los sistemas de monitorización son modulares, éstos se compone del middleware, service web, y el GUI continuación se muestra el diagrama de operatividad correspondiente en la figura 6.

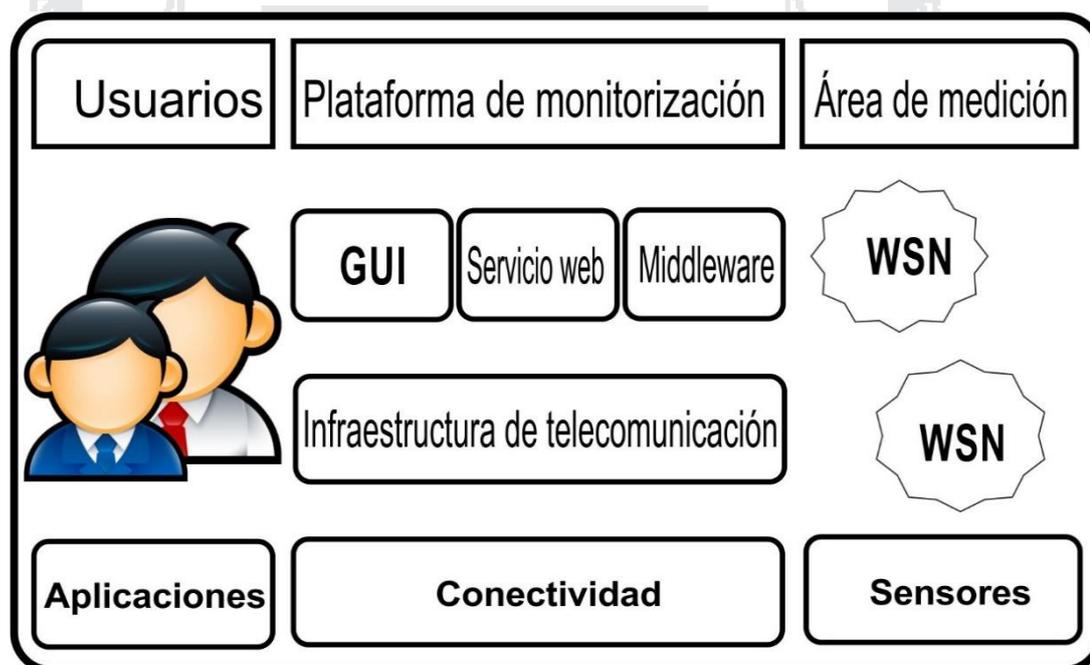


Figura 6. Diagrama de operatividad para la monitorización.

Fuente: WSN Network

#### 2.2.2.1. Middleware de una red de sensores.

La capa de middleware de sistemas de redes de sensores brinda una interfaz común entre los distintos dispositivos de adquisición de datos, sensores, tal que los usuarios sean capaces de compartir y gestionar los

datos adquiridos por los distintos sensores, así como el control de estos dispositivos.

Además, esta capa se encarga de almacenar los datos capturados por los sensores y proporcionar el método de acceso a los datos adquiridos utilizando un lenguaje de consulta.

Al incrementar el número de sensores o usuarios de la red, esta capa aumenta su importancia mostrada en la figura 7.

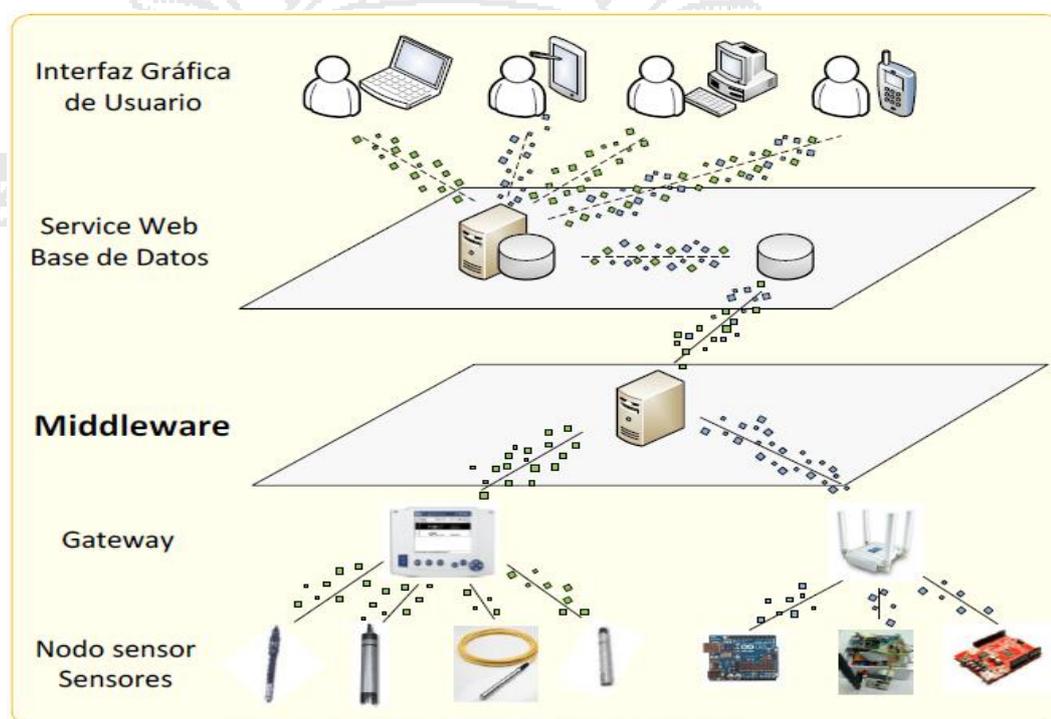


Figura 7. Capa de Middleware.

Fuente: WNS Network

- **Escalabilidad:** Debe manejar constantemente una gran cantidad de data, así como almacenar las consultas constantes realizadas por varios usuarios instantáneamente.

- **Búsqueda multi-atributos:** Necesita soportar mecanismos de búsquedas de data tanto del parámetro que se desea conocer como los atributos de éste, ofreciendo al sistema flexibilidad de búsquedas.
- **Consultas por rango geográfico:** Debe proveer mecanismos de recolección de data para usuarios según la zona deseada, mediante consultas eficientes por áreas geográficas.
- **Búsqueda en tiempo real:** En una red de sensores, es necesario proporcionar mecanismos para una búsqueda rápida no solo basada en una gran cantidad de información, sino también en información actualizada.
- **Flexibilidad:** Debe soportar que una gran diversidad de dispositivos sean compatibles, teniendo en cuenta que pueda ocurrir futuras modificaciones en la red de sensores y en los requerimientos de los usuarios.

#### 2.2.2.2. Servicio web

Según el Web Services Architecture Working Group (W3C), la definición correspondiente es “sistema de software diseñado para apoyar la interacción de máquina a máquina sobre una red interoperable”. Tiene una interfaz descrita en un formato procesable por máquina (específicamente WSDL). Otros sistemas interactúan con el servicio web de una manera prescrita por su descripción utilizando mensajes SOAP, típicamente transportados usando HTTP con una serialización XML en conjunto con otras normas relacionadas con la web.

Es decir, el servicio Web es un componente basado en software que puede ser accedido, gracias a su formato de máquina leíble, a través de una interface Web. Brinda estándares de medidas de interoperabilidad entre aplicaciones de software que funcionan bajo diferentes plataformas.

A continuación, se muestra los requerimientos de un servicio web:

- **Conexión de sensores a Internet**

Conocidos los recursos limitados de las redes de sensores, y la complejidad de los protocolos como HTTP, TCP, UDP, entre otros; es necesario emplear alternativas más ligeras como el 6LoWPAN y COAP, que permitan ejecutar instrucciones GET, PUT, POST y DELETE o disponer de un nodo Gateway que tenga capacidades de conexión a redes TCP/IP y, a su vez, de conexiones con las redes de sensores mediante protocolos 802.15.4, Zigbee, etc.

- **Descripción semántica sobre el sensor y el dispositivo**

El contexto de los datos debe ser representado y exportado en un formato de máquina leíble en la web, como RDF, XML o JSON.

- **Integración de data estática y dinámica**

El estado de la data recolectada estática que se encuentra almacenada en la base de datos y dinámica que se está adquiriendo debe estar integrado para generar un contexto adecuado de éstas tal como se muestra en la figura 8.

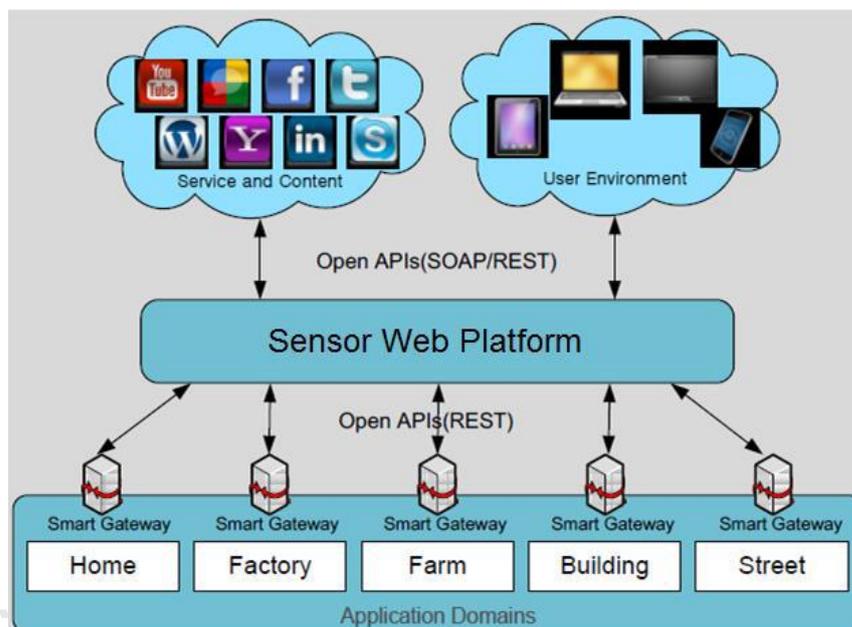


Figura 8. Arquitectura de una plataforma web para sensores.

Fuente: Distributed sensor web architecture. (CHOI, 2010).

### 2.2.2.3. Base de datos

Repositorio de datos diseñado para soportar su eficiente almacenamiento, recuperación y mantenimiento. Según la organización de la información, una base de datos puede ser (i) relacional, si se almacenan data en tablas relacionadas entre sí, (ii) jerárquica, si tiene una estructura tipo árbol, o (iii) de red si son almacenadas mediante gráficos con relaciones entre objetos. (Dolores cuadra, 2011).

Una base de datos o banco de datos es un conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior uso. En este sentido; una biblioteca puede considerarse una base de datos compuesta en su mayoría por documentos y textos impresos en papel e indexados para su consulta. Actualmente, y debido al desarrollo tecnológico de campos como la informática y la electrónica, la mayoría de las bases de datos están en formato digital, siendo este un componente

electrónico, por tanto se ha desarrollado y se ofrece un amplio rango de soluciones al problema del almacenamiento de datos.

**i. Modelo relacional**

Representa una base de datos como una colección de relaciones entre cada columna de las tablas o atributos de éstas con las que se relacionan otros valores deseados, presentando una estructura plana que facilita la comprensión de los valores asociados a un objeto. Está compuesto por filas (o data), columnas (o atributos), tabla (o relación), y su conjunto dominio. (navathe, 2008).

**ii. Data Stream Management Systems(DSMS)**

Este sistema permite gestionar data que es generada continuamente y se almacena temporalmente en una cola, en el caso de las redes de sensores el flujo de datos es una secuencia ordenada por la fecha y hora en que se realizó la toma de los datos. Además, éste no controla el muestro o la periodicidad de la adquisición de datos.

**iii. Data Base Management Systems(DBMS)**

Es un conjunto de herramientas basadas en software que permite controlar el acceso, organizar, almacenar, gestionar, recuperar y mantener una base de datos. Se encarga de realizar consultas constantes hacia una base de datos donde se encuentra la información recolectada, luego de realizada la consulta, ésta se descarta. Si se conoce la estructura y secuencia de la data se podrá optimizar las consultas; sin embargo, en las redes de

sensores la data puede ser asíncrona y redundante mostrado en la figura

9.

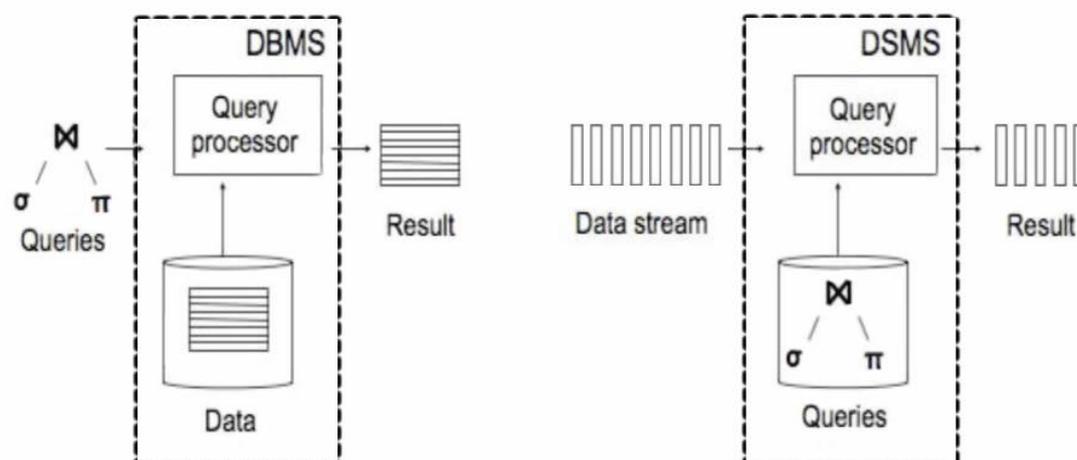


Figura 9. DSMS y DBMS.

Fuente: WSN Network.

### Clasificación de bases de datos y servidores según su arquitectura.

Arquitectura de los sistemas de bases de datos.

- **Sistemas centralizados**

Compuesto de un ordenador con uno o más procesadores y dispositivos periféricos, que a través de controladores específicos, permiten el acceso a la memoria compartida. En este contexto, se dispone de sistemas monousuario, si emplea un sistema operativo que permite que solo un usuario realice modificaciones al mismo tiempo; y multiusuario, si cuenta con mayores recursos de hardware y trabaja con un sistema operativo multitarea. (SILBERSCHATZ, 2006).

Los computadores utilizan procesador(es) con paralelismo de grano grueso compartiendo la misma memoria principal y permitiendo que varias tareas se ejecuten en el mismo procesador, o con paralelismo de grano fino contando con varios procesadores y realiza tareas en paralelo.

- **Sistemas cliente - servidor**

Está compuesto por un sistema subyacente (back-end), que gestiona el acceso, la evaluación y optimización de consultas, recuperación y el control de ocurrencias; y otro de usuario (front-end) que contiene herramientas de generación de reportes, extracción y análisis de datos, interfaz de formularios o de usuario SQL. Asimismo, la comunicación entre ambos sistemas se realiza a través de interfaces bajo las normas ODBC y JDBC. (Lopez, 2013).

- **Sistemas distribuidos**

En los sistemas distribuidos, las bases de datos se encuentran en diferentes computadoras que no comparten recursos que están en diversas áreas geográficas interconectados por algún tipo de red. Su administración origina transacciones locales y globales si se accede a datos de un lugar diferentes a de donde provienen.

| <b>Sistema distribuido de base de datos</b>          |   |
|--|---|
| Ventajas   | Desventajas   |
| Compartimiento de datos                              | Costos de desarrollo de software                        |
| Permite el acceso a datos desde cualquier ubicación. | Aumento de costo para lograr una coordinación adecuada. |

|  |  |
|--|--|
| - Autonomía  | - Aumento de probabilidad de errores   |
| Control de almacenamiento local.                           | Control del funcionamiento y recuperación ante fallos.                                   |
| - Disponibilidad   | - Mayor sobrecarga de procesamiento  |
| Continuación del servicio a pesar del fallo de algún nodo. | La coordinación entre distintos nodos la incrementa en comparación con los centralizados |

Tabla 1. Sistema distribuido de base de datos.

- **Arquitectura de sistemas servidores.**

| SERVIDORES  |   |  |
|---|---|--|
| SERVIDORES DE TRANSACCIONES   | SERVIDORES DE DATOS   | SERVIDORES BASADOS EN LA NUBE  |
| Sistemas servidores de Consultas, que brindan una interfaz para realizar acciones que son enviadas por los clientes, son ejecutadas por el servidor y los resultados son devueltos. | Permite a los clientes interaccionar con los servidores realizando peticiones de lectura o modificación de datos en unidades como archivos o páginas. | Los servidores son generalmente propiedad de la empresa que presta el servicio, pero existe una tendencia creciente para optar por servidores que pertenecen a un "tercero " que no es ni el cliente ni el proveedor de servicios. |

Tabla 2. Arquitectura de sistema servidores.

#### 2.2.2.4. Casos de desarrollo

Para el análisis del sistema aplicadas a la monitorización y gestión de redes de sensores más destacadas, se han dividido en tres módulos generales como middleware, servicio web e interfaz de usuario.

- **WSN Monitor** (Monitoring and Management System for Wireless Sensor Networks).

Este sistema obtiene información de la red de sensores y data recolectado por éstos que sean de interés para el usuario. La arquitectura que presenta se divide en la base de datos, el servidor y cliente de la aplicación. La base de datos seleccionada debido a su flexibilidad es MySQL que contiene información de cada nodo, hardware, disponibilidad de los sensores y sus enlaces usando RSSI, proveedor, nodos vecinos, ambiente donde fueron desplegados con información geográfica empleando Google Maps SDK.

Para establecer una conexión con la red de sensores emplea el servidor server que funciona como Gateway para la red de sensores; mientras que el servidor web utilizado es Apache Tomcat con los frameworks php, y el cliente cuenta con Adobe Flex, Adobe Air technology. En cuanto a la interfaz gráfica de usuario, ésta contiene información de la localización de los sensores, sus enlaces, gráficas de la data recolectada los cuales pueden ser exportados en formato PDF o EXCEL para un mayor análisis con herramientas adicionales.

### 2.2.3. Sensor de temperatura.

El sensor de temperatura DS18B20 es un dispositivo que se comunica de forma digital. Cuenta con tres terminales, los dos de alimentación y el pin “data”. Básicamente se trata de un protocolo especial que permite enviar y recibir datos utilizando un solo cable, a diferencia de la mayoría de los protocolos que requiere dos vías.

Es un termómetro digital de alta precisión, entre 9 y 12 bits de temperatura en grados Celsius (el usuario puede escoger la precisión deseada). Su temperatura operativa se encuentra entre -50 y 125 grados Celsius. La precisión, en el rango comprendido entre -10 y 85 grados es de  $\pm 0.5$  grados.

Su precio es económico, su interfaz de funcionamiento es sencilla y su uso es muy provechoso para proyectos que requieran mediciones precisas y confiables. Para más información, consultar la hoja de datos (datasheet) del dispositivo (datasheets, 2010). Se puede escoger entre el modelo sumergible y los modelos para uso en placas de circuitos.



Figura 10. Sensor de temperatura DS18B20.

Fuente: WNS Network.

#### **2.2.4. Sensor de Co2 MG811.**

El módulo de sensor CO2 comprende un dióxido de carbono con salida con compensación de señal TTL de temperatura. Tiene un tamaño de 32mm x 22mm x 30mm, El sensor de dióxido de carbono dispone de un conversor análogo digital con salida I2C.

##### **2.2.4.1. Características**

- Modelo MG811 y marca Sensirion.
- Tiene una señal de salida bus I2C.
- Señal de salida de 12 bits.
- El sensor de dióxido de carbono tiene una alta sensibilidad y buena selectividad.
- Tiene una larga vida y estabilidad confiable.
- Muestra una respuesta rápida y estable.

##### **2.2.4.2. Aplicación**

Podría ser utilizado en el control de la calidad del aire, el proceso de fermentación, la aplicación de monitoreo del aire en la puerta. La tensión de salida del módulo cae a medida que la concentración de los aumentos de CO2. Y procesa un rango de concentración de: 350 a 10000ppm.

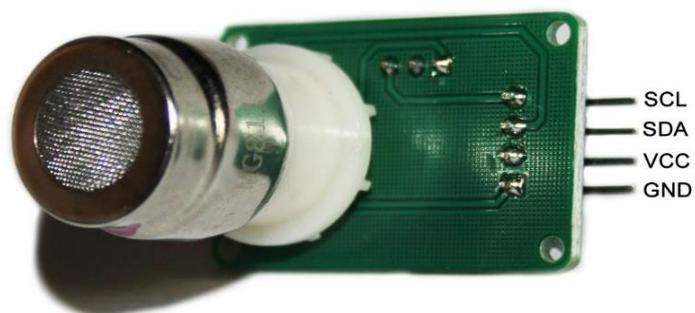


Figura 11. Sensor de Co2 MG811.

Fuente: WNS Network

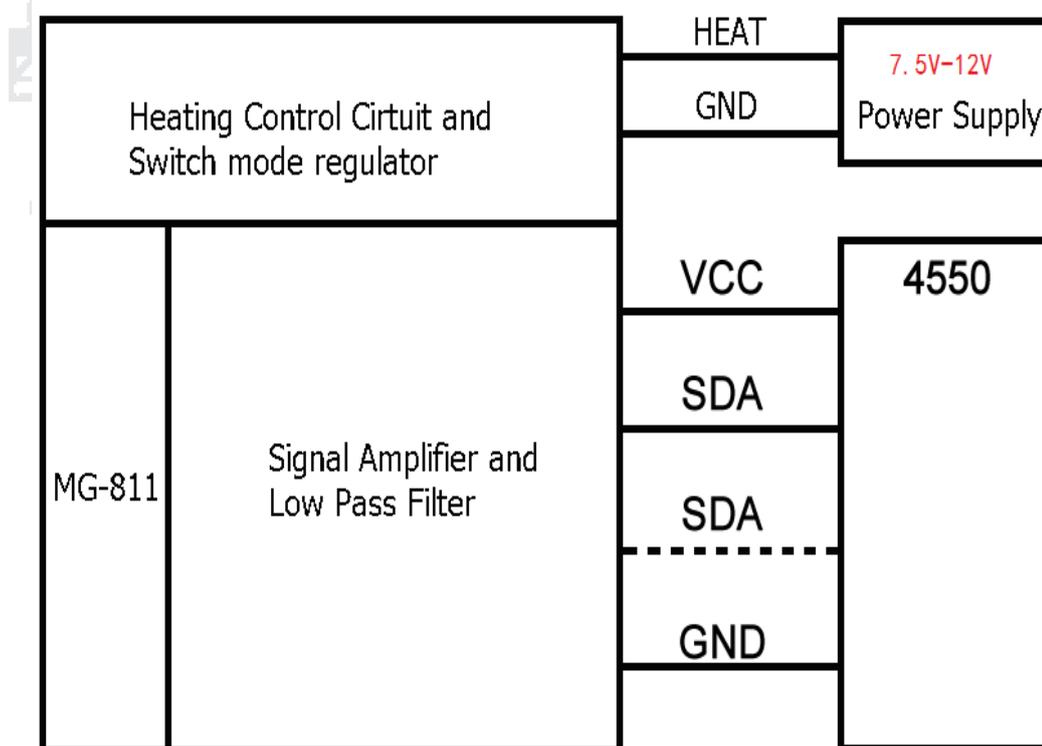


Figura 12. Diagrama de bloques del sensor MG-811.

Fuente: WNS Network.

### 2.2.5. Sensor PH.

**Sensor Bnc Electrodo Sonda Conector hidropónicos para PH acuario controlador de sensor medidor.**

El electrodo de PH tiene un solo cilindro que permite la conexión directa al terminal de entrada de un medidor de pH, controlador, o cualquier dispositivo de PH que tiene un terminal de entrada BNC. La sonda de electrodo de pH es precisa y fiable, que se da lecturas casi instantáneas.



Figura 13. Sensor PH.

Fuente: Investigadores

#### 2.2.5.1. Características

- Modelo B y marca Solicon labs
- Rango de pH: 0-14 PH
- Rango de temperatura: 0-60 °C
- Punto cero:  $7 \pm 0.5$ PH

- Error alcalino: 0.2PH
- Porcentaje teórico Pendiente:  $\geq 98,5\%$
- Resistencia interna:  $\leq 250M\Omega$
- Tiempo de respuesta:  $\leq 1$  min
- Temperatura de funcionamiento: 0-60 °C
- Bloques de terminales: conector BNC
- Enchufe conector adecuado para la mayoría medidor de PH y el controlador.
- Adecuado para una amplia gama de aplicaciones: acuarios, hidroponía, Laboratorio.

#### **2.2.6. Caja de distribución de 6 y 12 puertos**

Caja de distribución AMP net conector, para la distribución de datos, voz y video dentro de una pequeña instalación, debido a su capacidad y versatilidad de puertos diseñada específicamente para ofrecer comodidad, optimización y estética dentro del lugar a instalar. Ya sea oficina u hogar sin dejar de tomar la flexibilidad debido al número de módulos con la que son compatibles.

##### **2.2.6.1. Características**

- Cubierta rígida para mayor protección.
- Diseñada conforme al estándar básico
- Tiene una configuración de 6 puertos (Figura 2.14) y 12 puertos. (Figura 2.15).
- Compatible con la gama de módulos optronics.

- Se instala fácilmente con tornillos y cinta adhesiva de doble cara.
- Se puede etiquetar atrás una cubierta transparente con clip.
- Se puede asegurar la caja a cualquier superficie pared, base de tablero, hasta muebles modulares.

#### 2.2.6.2. Aplicaciones:

- Residencial empresarial.
- Protección de redes.
- Telecomunicaciones.
- Ethernet

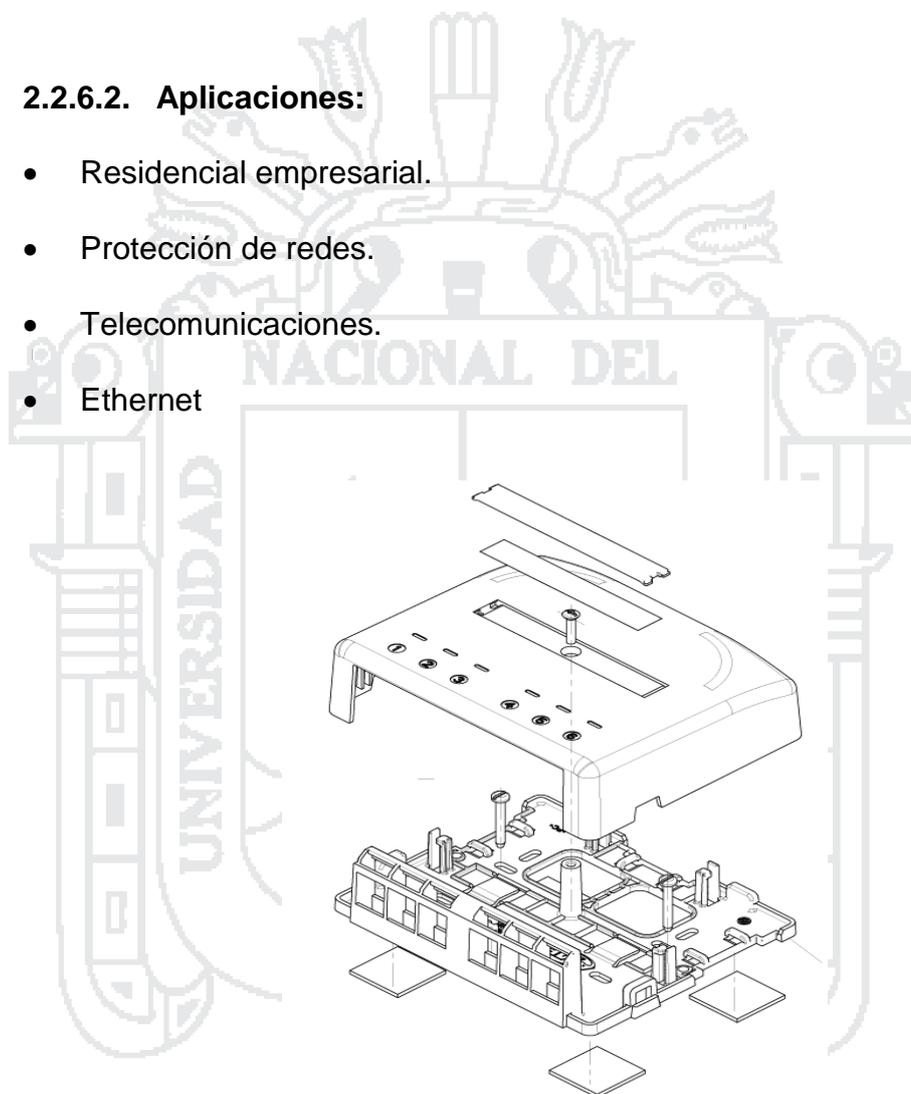


Figura 14. Caja de 6 puertos.

Fuente: Ebay Microtic

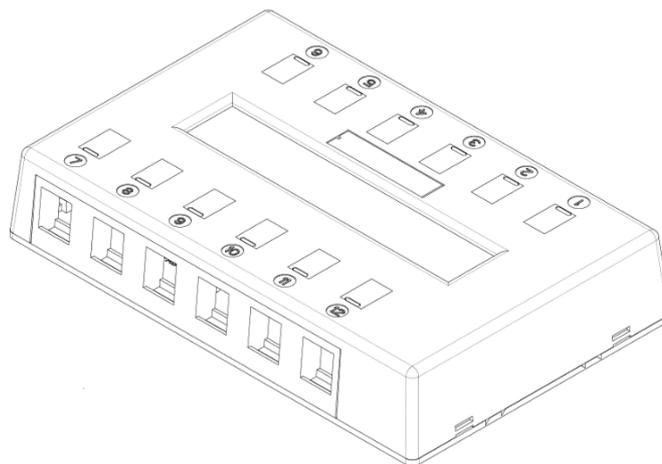


Figura 15. Caja de 12 puertos.

Fuente: Ebay Microtic.

### 2.2.7. JACK RJ45

Es una interfaz física comúnmente utilizada para conectar redes de computadoras con cableado estructurado (categorías 4, 5, 5e, 6 y 6a). Posee ocho pines o conexiones eléctricas, que normalmente se usan como extremos de cables de par trenzado (UTP). Es parte del Código Federal de Regulaciones de Estados Unidos.

Es utilizada comúnmente con estándares como TIA/EIA-568-B, que define la disposición de los pines (patillaje) o wiring pinout. Una aplicación común es su uso en cables de red Ethernet, donde suelen usarse cuatro pares (ocho pines). Otras aplicaciones incluyen terminaciones de teléfonos (dos pares), por ejemplo: en Francia y Alemania, y otros servicios de red como RDSI, T1 e incluso RS-232.

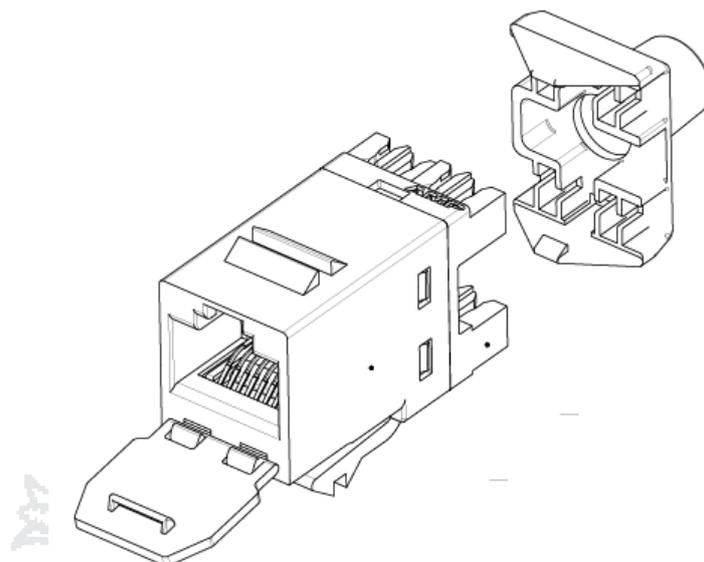


Figura 16. Jack RJ-45

Fuente: Ebay Microtic.

### 2.2.8. Módulo Wifi Serial ESP8266

El módulo ofrece una solución completa y muy económica para la conexión de sistemas de redes wifi, permitiendo al diseñador delegar todas las funciones relacionadas con Wifi y TCP/IP del procesador que ejecuta la aplicación principal. El módulo wifi serial ESP8266 es capaz de funcionar como adaptador de red, en sistemas basados en microcontroladores que se comunican con él a través de un interfaz UART.

Se trata posiblemente del módulo wifi serial más económico en el mercado y que además concentra las características mínimas necesarias para poder utilizarse sin problemas, ya que la documentación en inglés y español de este módulo ya está siendo desarrollada y comienza a formarse una verdadera comunidad alrededor de él.

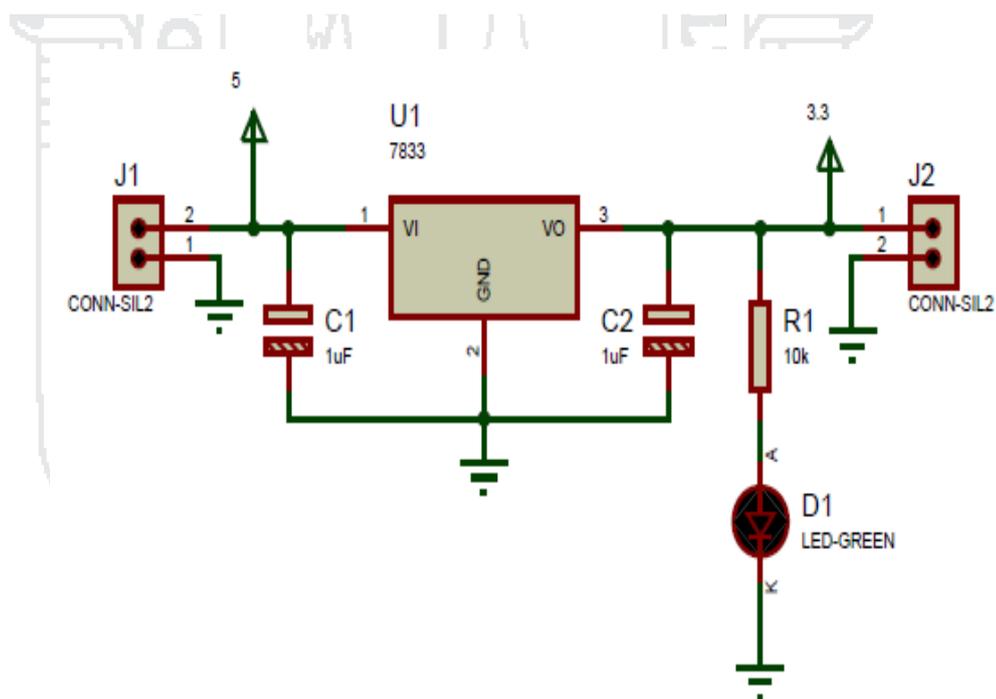
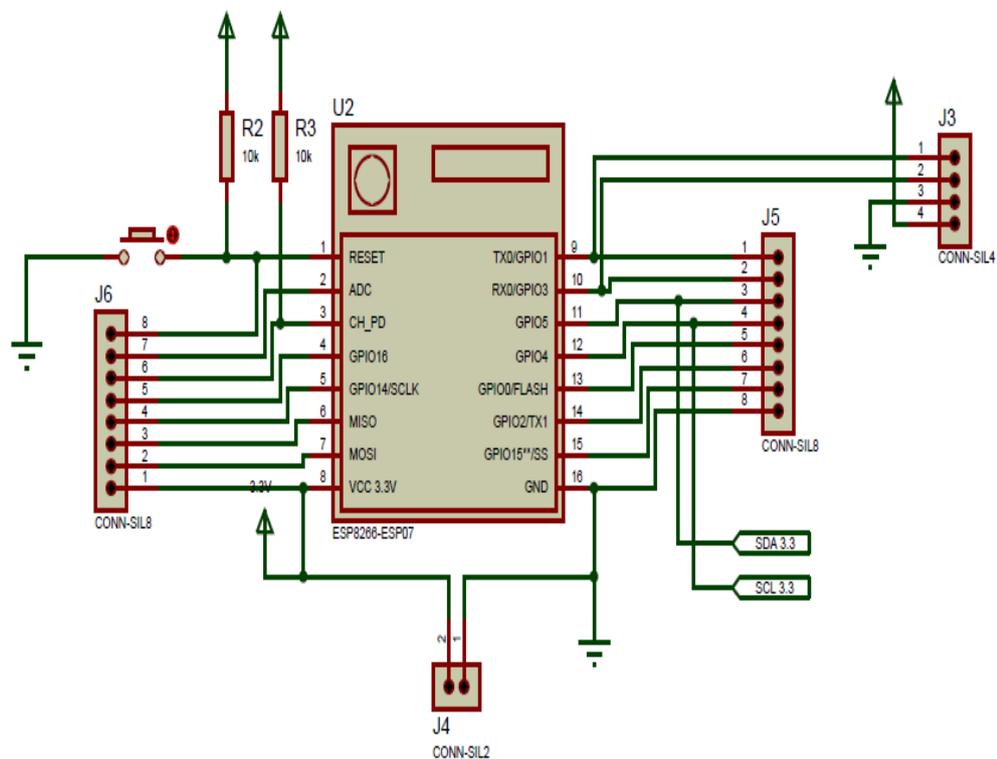


Figura 17. Módulo Wifi.

Fuente: Wikipedia

#### 2.2.8.1. Características

- Modelo ESP-07 y marca ESPRESSIF
- Protocolo soportado: 802.11/b/g/n
- Wifi direct (D2p), Soft Access Point
- Stack TCP/IP integrado
- PLL, reguladores y unidades de manejo de energía integrados
- Potencia de salida: +19.5dBm en modo 802.11b
- Sensor de temperatura integrado
- Consumo en modo de baja energía: <10uA
- Procesador integrado de 32bist.
- Procesador de aplicaciones.



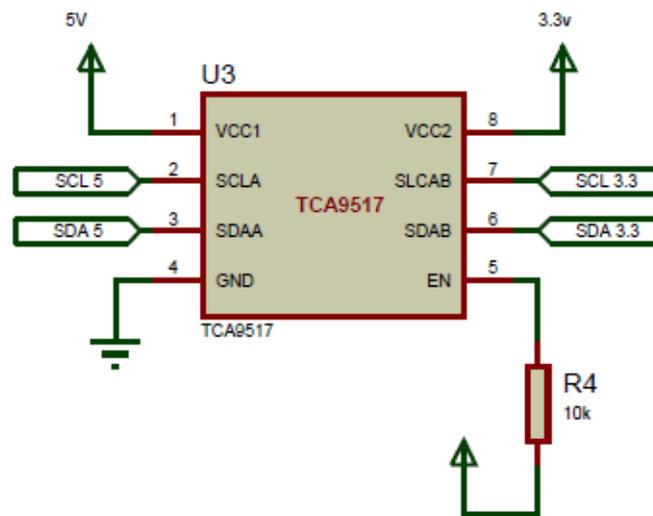


Figura 18. Diagrama esquemático Módulo Wifi.

Fuente: Proteus.

### 2.2.9. Programación LUA.

Lua es un lenguaje de programación imperativa, estructurada y bastante ligero que fue diseñado como un lenguaje interpretado con una semántica extendible. El nombre significa luna en portugués.

#### 2.2.9.1. Características

Lua es un lenguaje de programación suficientemente compacto para usarse en diferentes plataformas. En Lua las variables no tienen tipo, sólo los datos y pueden ser lógicos, enteros, números de coma flotante o cadenas. Estructuras de datos como vectores, conjuntos, tablas hash, listas y registros pueden ser representadas utilizando la única estructura de datos de Lua: la tabla.

Es un lenguaje multiparadigma porque su semántica puede ser extendida y modificada redefiniendo funciones de las estructuras de datos utilizando metatablas, casi como en Perl (así permite implementar, por ejemplo, la herencia aunque sea ajena al lenguaje). Lua ofrece soporte para funciones de orden superior, recolector de basura. Combinando todo lo anterior, es posible utilizar Lua en programación orientada a objetos.

#### **2.2.9.2. Funcionamiento interno**

Los programas en Lua no son interpretados directamente, sino compilados a código bytecode, que es ejecutado en la máquina virtual de Lua. El proceso de compilación es normalmente transparente al usuario y se realiza en tiempo de ejecución, pero puede hacerse con anticipación para aumentar el rendimiento y reducir el uso de la memoria al prescindir del compilador. (wikipedia, lua, 1993).

#### **2.2.10. Programación C**

C es un lenguaje de programación originalmente desarrollado por Dennis M. Ritchie entre 1969 y 1972 en los Laboratorios Bell,<sup>2</sup> como evolución del anterior lenguaje B, a su vez basado en BCPL.

Al igual que B, es un lenguaje orientado a la implementación de Sistemas Operativos, concretamente Unix. C es apreciado por la eficiencia del código que produce y es el lenguaje de programación más popular para crear software de sistemas, aunque también se utiliza para crear aplicaciones.

Se trata de un lenguaje de tipos de datos estáticos, débilmente tipificado, de medio nivel pero con muchas características de bajo nivel.

Dispone de las estructuras típicas de los lenguajes de alto nivel pero, a su vez, dispone de construcciones del lenguaje que permiten un control a muy bajo nivel. Los compiladores suelen ofrecer extensiones al lenguaje que posibilitan mezclar código en ensamblador con código C o acceder directamente a memoria o dispositivos periféricos. (wikipedia, Lenguaje c, 2011).

### **2.2.11. Programación Socket**

Un socket (enchufe), es un método para la comunicación entre un programa del cliente y un programa del servidor en una red. Un socket se define como el punto final en una conexión. Los sockets se crean y se utilizan con un sistema de peticiones o de llamadas de función a veces llamados interfaz de programación de aplicación de sockets (API, application programming interface) para la familia de protocolos de Internet TCP/IP, provista usualmente por el sistema operativo.

Un socket es también una dirección de Internet, combinando una dirección IP (la dirección numérica única de cuatro partes que identifica a un ordenador particular en Internet) y un número de puerto (el número que identifica una aplicación de Internet particular, como FTP, Gopher, o WWW).

Los sockets de Internet constituyen el mecanismo para la entrega de paquetes de datos provenientes de la tarjeta de red a los procesos o hilos apropiados. Un socket queda definido por un par de direcciones IP local y remota, un protocolo de transporte y un par de números de puerto local y remoto. (Socket, 2010).

## 2.3. GLOSARIO O DEFINICIÓN DE LOS TÉRMINOS BÁSICOS

### 2.3.1. Calidad ambiental

La calidad ambiental representa, las características cualitativas y/o cuantitativas inherentes al ambiente en general o medio particular, y su relación con la capacidad relativa de éste para satisfacer las necesidades del hombre y/o de los ecosistemas.

### 2.3.2. Monitorización

La monitorización, en psicología cognitiva, es un proceso que se supone inmerso dentro de la llamada función ejecutiva o sistema ejecutivo. Hace referencia a la supervisión necesaria para la ejecución del plan de acción establecido en la planificación de las acciones, conductas o pensamientos encaminados al logro de una meta.

### 2.3.3. Sistema de gestión

Sistema de gestión de contenidos, en inglés: Content Management System más conocido por sus siglas CMS, es un programa informático que permite crear una estructura de soporte (framework) para la creación y administración de contenidos, principalmente en páginas web, por parte de los administradores, editores, participantes y demás usuarios.

## **2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **2.4.1. Hipótesis general**

El diseño e implementación de un sistema de red de sensores mejorara y brindara a la sociedad civil de la ciudad de Puno una mejor información sobre la calidad ambiental, eficiencia y fácil acceso de diferentes actores conocer la situación actual medioambiental, obteniendo datos exactos y visualizarlos en web.

### **2.4.2. Hipótesis Específicos**

- El diseño y modelo de red del sistema de monitorización permitirá conocer la situación actual medioambiental de transmisión y cálculos de datos de sensores a través de la difusión de sus variables cuantificadas y de cara a incrementar la educación y cultura ambientales.
- La implementación de monitorización por medio de trasmisión web, de fácil acceso, es el mejor medio para brindar información de datos adquiridos.

## **2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

### **2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.**

Diseño de un sistema de monitorización.

### **2.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES.**

Información de datos recolectados: PH, CO2, Temperatura.



## CAPITULO III

## DISEÑO METODOLOGICO DE INVESTIGACION

### 3.1. Tipo del problema de investigación

En el presente trabajo de investigación será de tipo experimental aplicada, pues consiste en el empleo práctico de conocimientos teóricos y prácticos con la finalidad de diseñar y evaluar una red de sensores para la monitorización de la actividad en la cuenca del río Coata. Así también es diacrónica, pues se investiga problemas en una sucesión de momentos temporales a fin de conocer la evolución del comportamiento del problema en un periodo dado, que permita hacer inferencias, respecto al cambio y sus consecuencias.

#### 3.1.1. Diseño y nivel del problema de investigación

La investigación será realizada a nivel experimental, y la información es evaluada mediante la revisión bibliográfica. Con esta información la investigación tiene una naturaleza aplicada ya que permitirá la operacionalización de los conocimientos a fin de encontrar un medio de transmisión basado en una red de sensores y luego implementarla. El propósito es diseñar la red la relación entre las hipótesis y la metodología fundamental descriptiva, aunque puede confirmarse de algunos elementos cuantitativos y cualitativos.

Bajo esta metodología, se considerará el diseño del diagrama conductual de casos de uso, para analizar los requerimientos solicitados; y de los diagramas estructurales de clases para el diseño temprano y futuro de la

plataforma y de despliegue para establecer la arquitectura de ejecución de la plataforma y las relaciones entre hardware y software.

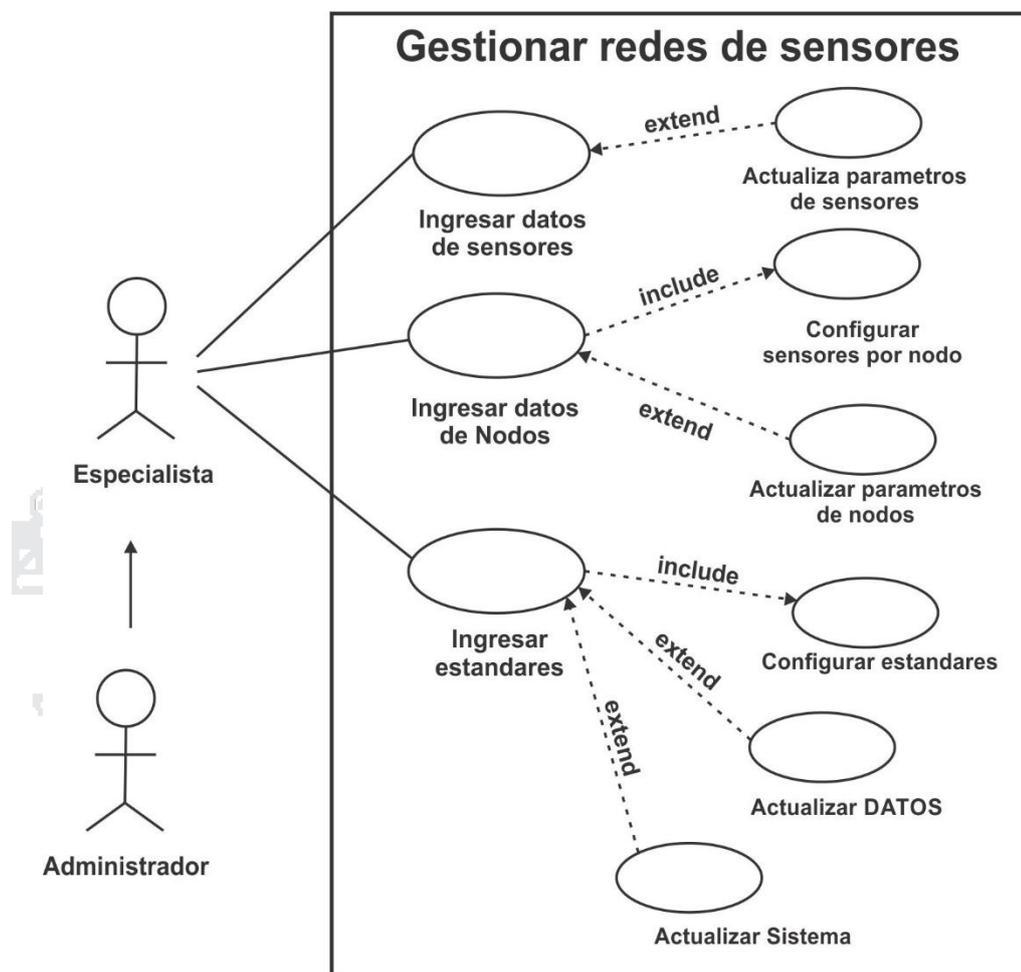


Figura 19. Diseño de problema de investigación

Fuente: Rational Rose.

### 3.1.2. Área de investigación.

El área de investigación en que se fundamenta este proyecto será el área de Telecomunicaciones.

### 3.2. Población de la investigación

Rio Coata.

**3.3. Ubicación y descripción de la población o ámbito de estudio.**

Las coordenadas del río Coata son:

- -15.5151559,-69.8700784,10z

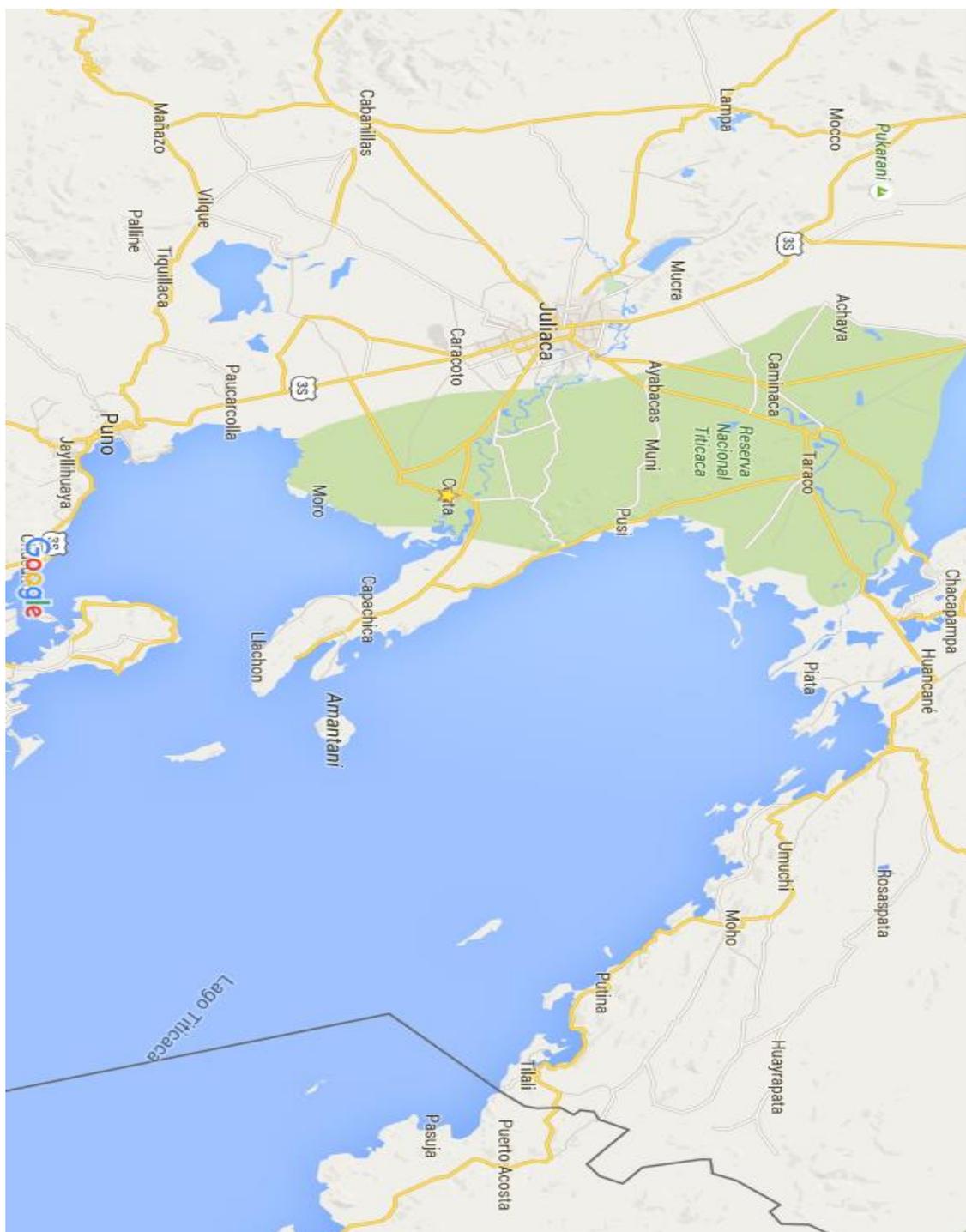


Figura 20. Mapa de ubicación de río coata.

Fuente: google maps.

### 3.4. Técnicas e instrumentos

#### a) Técnicas

Las técnicas utilizadas fueron:

La observación: es una técnica de recopilación de datos semi – primaria por la cual el investigador actúa sobre los hechos a veces con la ayuda de algunos instrumentos.

#### b) Instrumentos

Los instrumentos serán:

Guía de observación de campo: pasos que adopta el investigador a fin de hacer una buena estrategia para observar los hechos.

### 3.5. Plan de tratamiento de datos

Los datos obtenidos sobre el monitoreo de sensores, se realizará según la fase y el software o equipo a utilizar. Se siguieron los siguientes pasos para la recolección de datos:

- Se armó la topología del nodo de sensor de prueba con equipos reales y sensores adquiridos por los ponentes.
- Se realizó la programación en c#, c, php, mysql, socket y más programas de interacción con los sensores para que los datos muestreados sean correctos y visualizados en tiempo real.

Los datos de campo obtenidos en referencia a la determinación del tiempo de llegada y tasa de transferencia de bits en los tres casos en la topología dada,

van a ser analizados e interpretados a través de las herramientas informáticas adecuadas (Excel): programa de análisis estadístico.

### 3.6. Recursos computacionales y de hardware.

#### Hardware: Toshiba A665.

Procesador : Interl® Core™ i5 - CPU M460 @ 2.53Ghz - 2.5GHz.

Memoria instalada : 4096MB RAM

Tipo de Sistema : Sistema Operativo de 64 bits

Sistema Operativo : Windows 8.1 profesional.

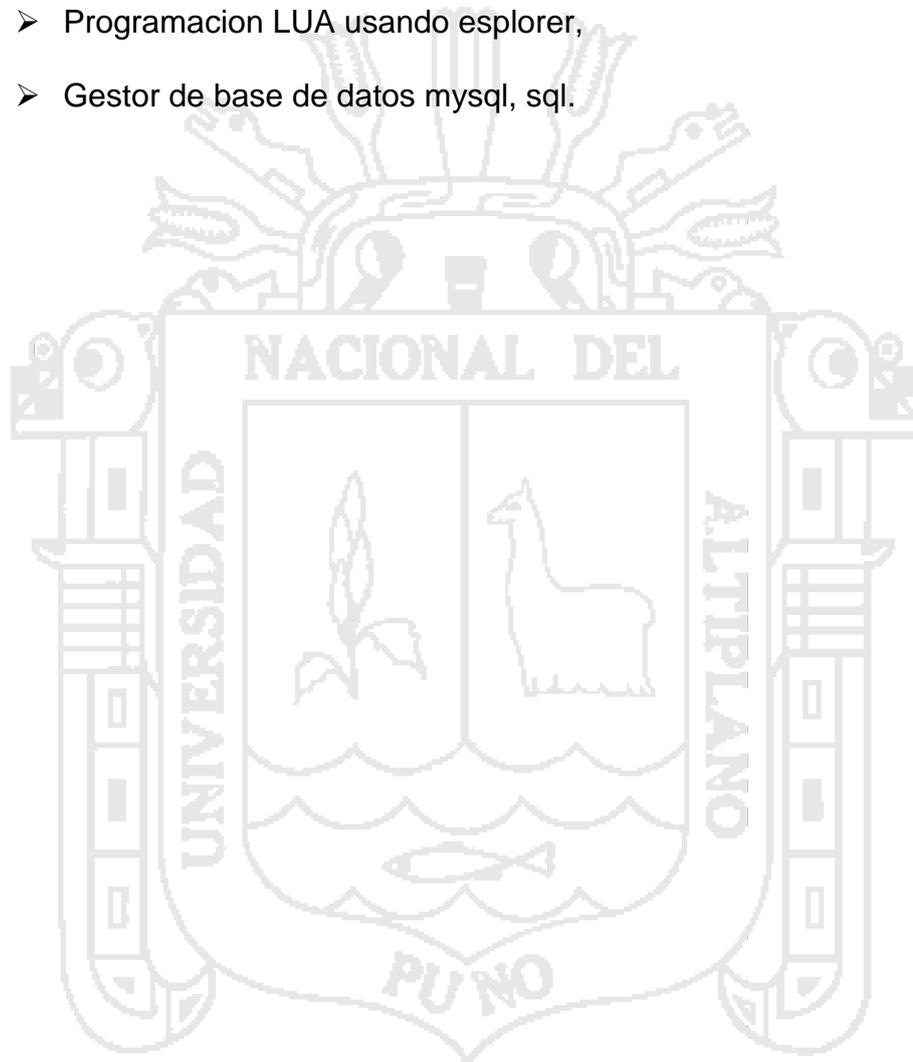
#### Routers:

- ROM: System Bootstrap, Version 13.4(13r)T
- Processor board ID FHK1117F2Y4
- 2 FastEthernet interfaces
- 2 Low-speed serial(sync/async) interfaces
- 1 Virtual Private Network (VPN) Module
- DRAM configuration is 64 bits wide with parity enabled.
  - 239K bytes of non-volatile configuration memory.
  - 125184K bytes of ATA CompactFlash (Read/Write)

#### Software:

- Sistema Operativo de 64 bits Windows 8.1 Profesional

- Sistema Operativo de 64 bits Windows 8 Profesional
- Herramienta de análisis de graficos jppgrap, chartjs, hirschart.
- Microsoft Excel Versión: 2013 14.0.7128.5000 (64 bits)
- Framework de php usando un editor de texto sublime texto y Atom.
- Programacion LUA usando explorer,
- Gestor de base de datos mysql, sql.





## INGENIERIA DEL PROYECTO

### 4.1. PROCESO DE DESARROLLO DE DATOS DEL PROYECTO

#### 4.1.1. DIAGRAMAS DE CASO DE USO

El Diagrama de Casos de Uso permite describir relación entre los actores y los usos del sistema representado las funcionalidades que brinda en cuanto a su interacción externa. Sus elementos son los actores, como entidades externas que realizan interacciones con el sistema, casos de uso, representado por una elipse que describe la secuencia de las interacciones entre un actor y el sistema, y las relaciones entre éstos que pueden ser extend o include.

##### 4.1.1.1. ACTORES

- **Invitado:** Persona que accede a la plataforma sin autenticarse. Se le asignan permisos de lectura no gráfica de la data recolectada y las funciones de búsqueda según determinados campos.
- **Usuario:** Persona registrada en la plataforma, que su cuenta ha sido activada y se ha autenticado satisfactoriamente.
- **Administrador:** Usuario con autorización para añadir, actualizar o eliminar elementos de la data recolectada y de los usuarios.
- **Especialista:** Usuario con permisos de añadir, actualizar o eliminar elementos de la red de sensores

**4.1.1.2. REGISTRAR CUENTA**

Si el invitado está interesado en registrarse para hacer uso de las funciones en su totalidad, en primer lugar ingresará sus datos para que sean validados por el sistema, la cuenta recién creada incluye su usuario, perfil y la facultad de crear reporte y ambientes de monitorización. La cuenta se activará cuando el usuario ingrese al link de activación proporcionado en su correo electrónico ya indicado, al iniciar sesión con su cuenta activada podrá realizar las personalizar los parámetros permitidos.

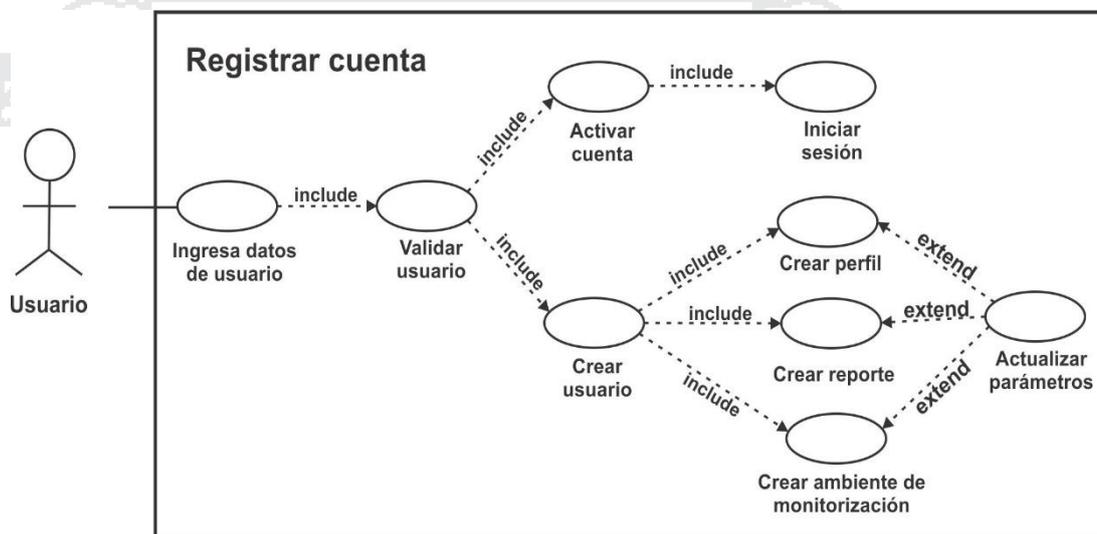


Figura 21. Diagrama de caso de uso: Registrar cuenta.

Fuente: Rational rose

**4.1.1.3. CREAR REPORTE**

El usuario tiene la capacidad de crear reportes según sus preferencias, para ello es necesario configurar los parámetros de la red de sensores que desea conocer, así como también programar un reporte de lo seleccionado. Para esto, la plataforma se encarga de validar los datos en el período

deseado y el estado del usuario si se encuentra suscrito para finalmente exportar el reporte manualmente o de forma automática ya programada.

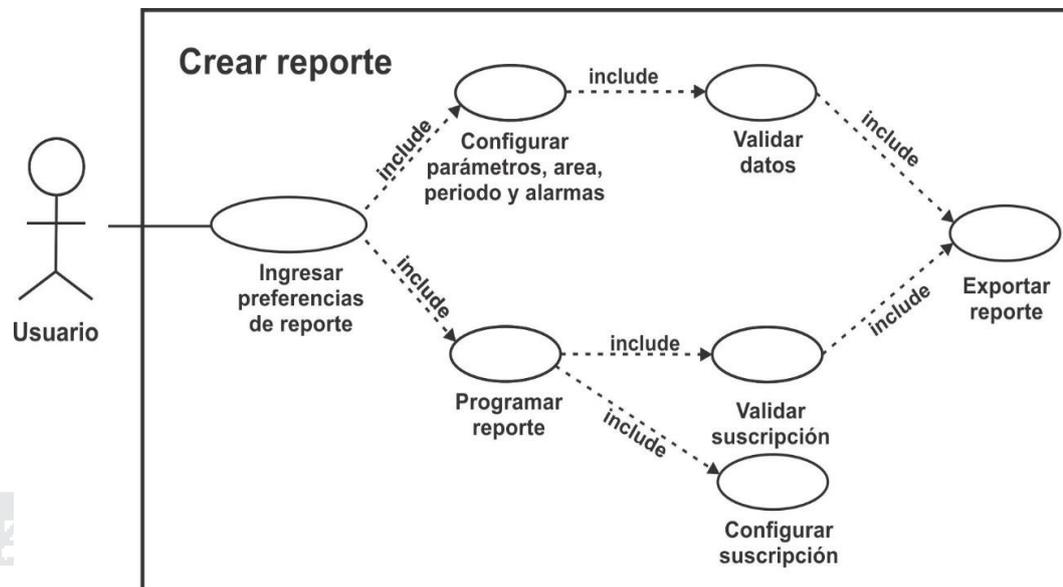


Figura 22. Diagrama de caso de uso: Crear reporte.

Fuente: Rational rose

#### 4.1.1.4. GESTIONAR REDES DE SENSORES

Un especialista con permisos de administrador puede crear los componentes de la red de sensores como los nodos Gateway, los nodos sensores y los sensores, así como los límites máximos permisibles y los estándares de calidad ambiental que se desean gestionar o actualizar alguna configuración en la plataforma respecto a éstos. Los parámetros que se pueden reconfigurar son la ubicación, dirección física, unidades, tiempo de muestreo, relación entre nodos y sus sensores, normas actualizadas, entre otros.

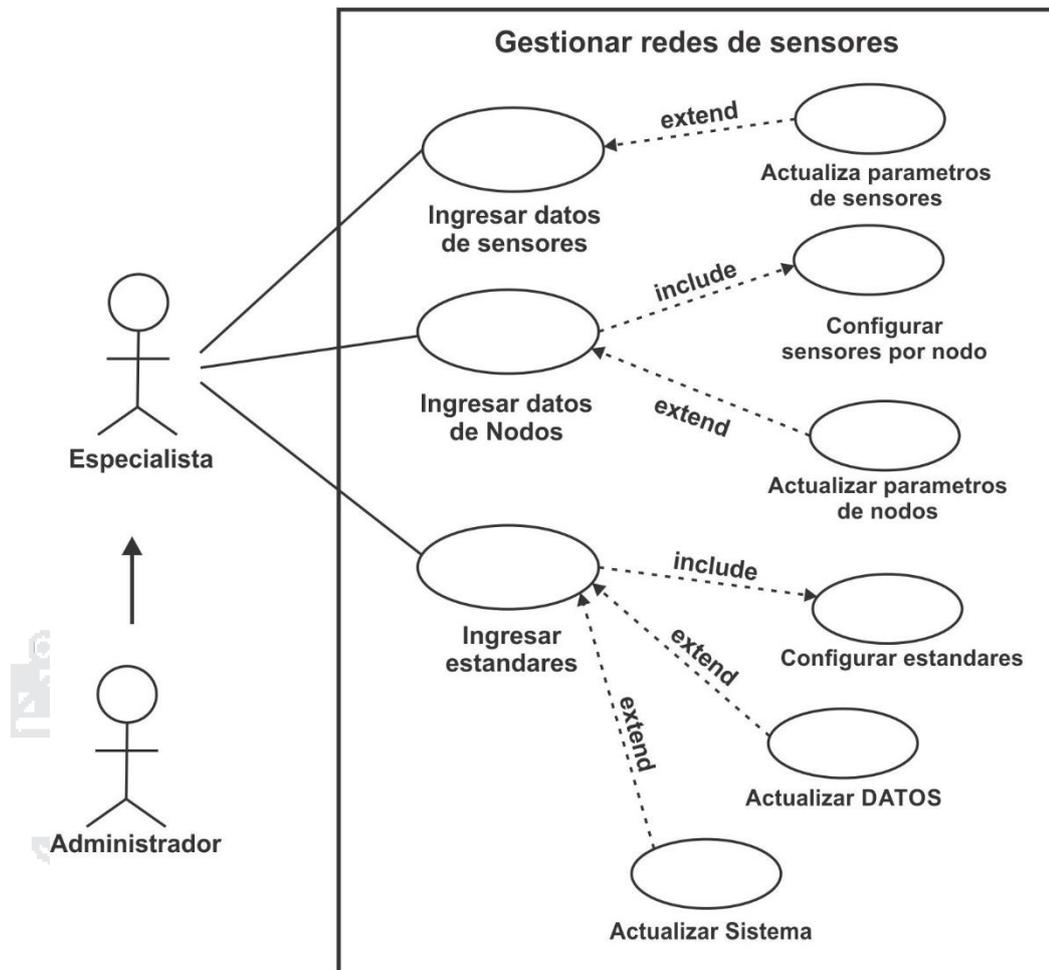


Figura 23. Diagrama de caso de uso: gestionar red de sensores.

Fuente: Rational rose

#### 4.1.1.5. ACCEDER A UN AMBIENTE DE MONITORIZACIÓN

Se dispone de dos ambientes de monitorización, uno con limitaciones para un invitado que podrá observar la data recolectada y su estado en forma de listado que, a su vez, es posible aplicar algunos filtros de búsqueda por ubicación, período o algún sensor específicamente; asimismo, este tiene la posibilidad de registrarse en el sistema para acceder a todas las funcionalidades de un ambiente de monitorización luego de validar y activar su cuenta.

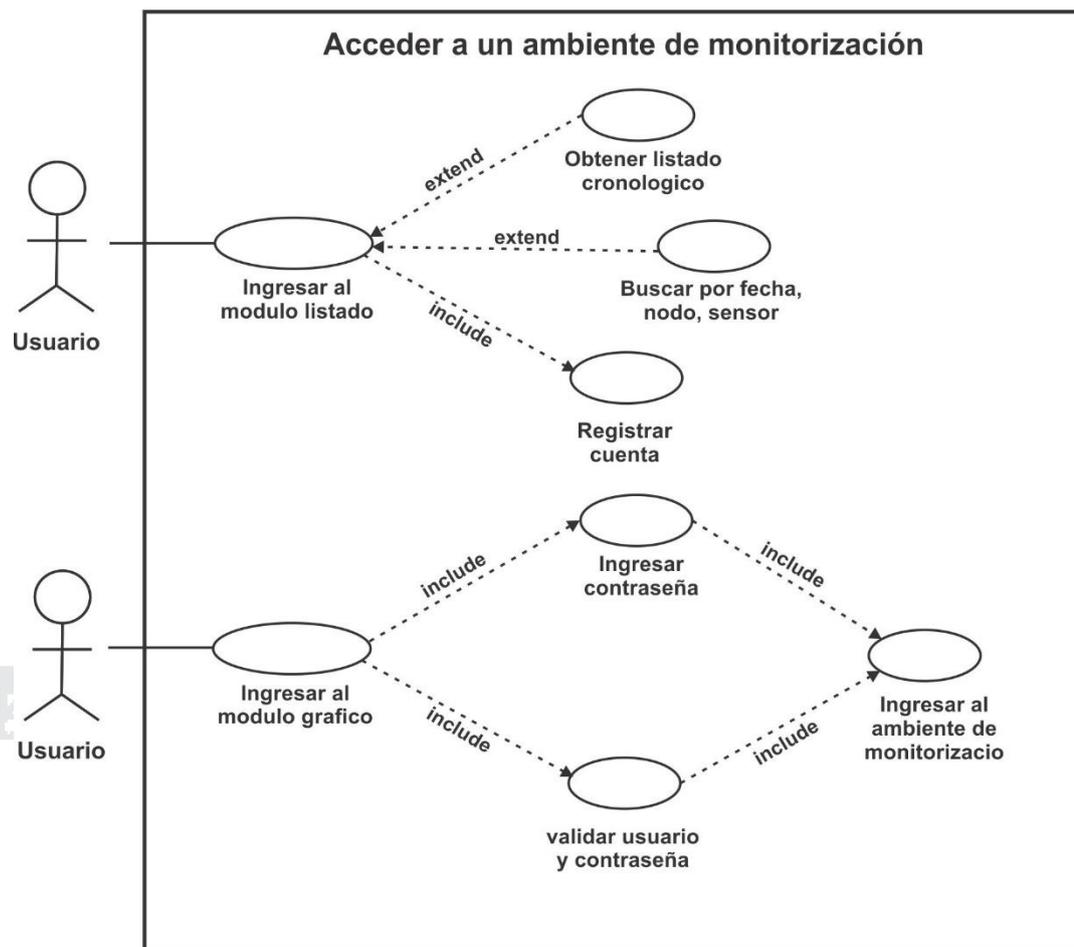


Figura 24. Diagrama de casos de uso: acceder a un ambiente.

Fuente: Rational Rose.

#### 4.1.1.6. GESTIONAR AMBIENTE DE MONITORIZACIÓN

El usuario al ingresar a un ambiente de monitorización es posible su gestión mediante la selección de sensores o parámetros existentes, los nodos sensores, el período de observación y actualizarlos según sea de interés, así como también reconocer el nivel de contaminación donde éste podrá interpretar la data verificando el estado de la data recolectada y sus respectivos niveles de contaminación aceptable, así como las alarmas por exceder los niveles permitidos.

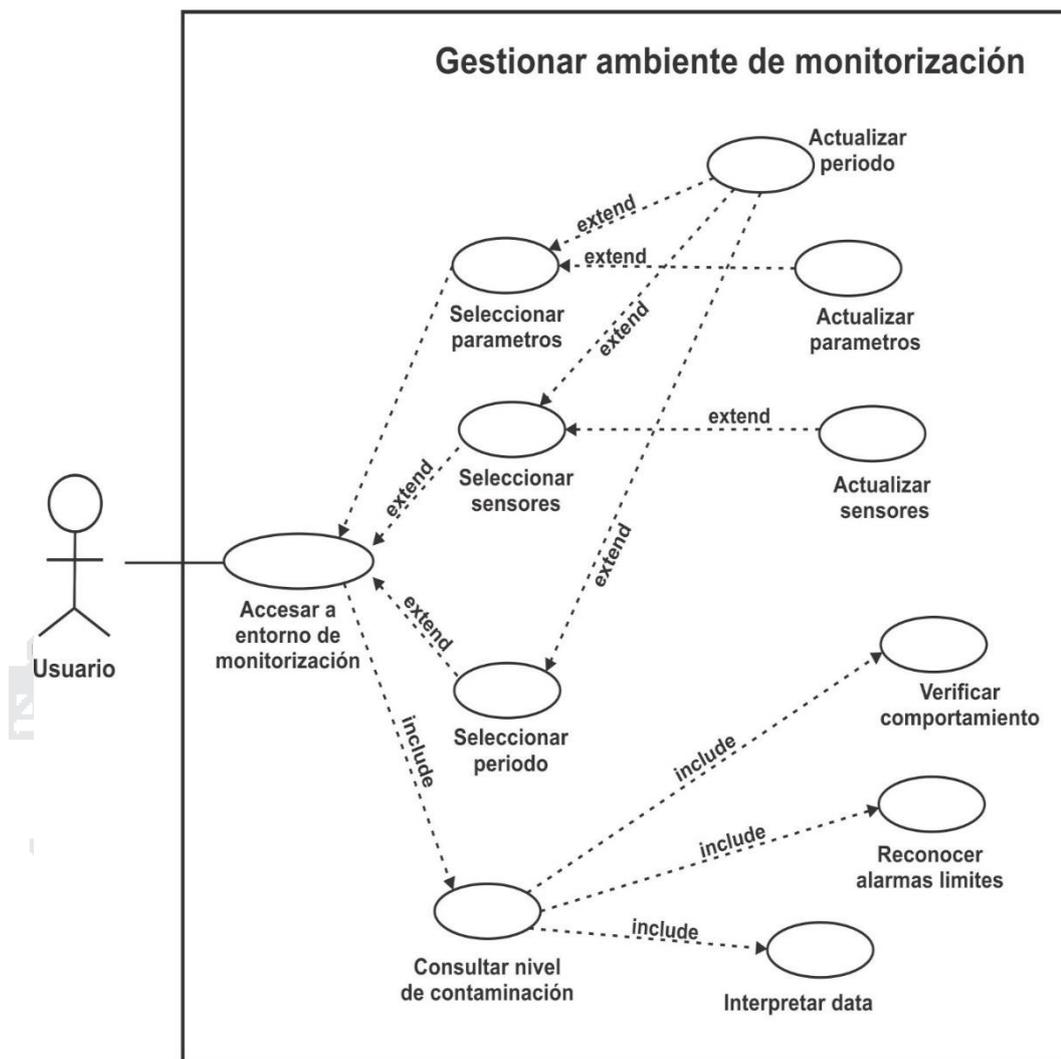


Figura 25. Diagrama de casos de uso: gestionar ambiente de monitorización.

Fuente: Rational rose

#### 4.2. DIAGRAMAS DE CLASES

Las clases son definidas como el más importante concepto de modelamiento en la estructura del UML, en la que cada clase es un elemento meta-modelo del UML. A través de la representación en un diagrama, donde se agrupan los conceptos más representativos y sus relaciones, se podrá identificar claramente las clases del sistema.

Mediante el análisis de los requerimientos de la plataforma se ha considerado adecuado la creación de las siguientes clases:

- Clase usuarios, clientes registrados en la plataforma.
- Clase logs, registro de las acciones realizadas por los usuarios.
- Clase suscripción, suscripción de usuarios a tipos alertas de la plataformas.
- según sus preferencias
- Clase alerta, alertas de falla sensores, nodos o incumplimiento de estándares.
- registrados por la plataforma.
- Clase data, data recolectada por los sensores a través del tiempo.
- Clase estado, estados identificados de la data, sensores, nodos, parámetros, alertas y estándares.
- Clase sensor, sensores registrados y sus características.
- Clase nodo, nodos registrados y sus características.
- Clase estándar, estándares considerados para la supervisión ambiental.
- Clase parámetro, parámetros compuestos por sensores, sus nodos y estándares asociados.

Siendo las clases parámetro y data las fundamentales para la plataforma; a su vez, alerta, suscripción, y usuarios permiten la integración de sus principales funcionalidades. Las clases nodos, sensores, estándares son el fundamento para la clase parámetro, mientras que para data son parámetro, alerta y estado; y para alerta son necesarias las clases de suscripción, usuarios, sensor, nodo y estándar.

La relación entre éstas clase se muestra en el diagrama en la figura 26.

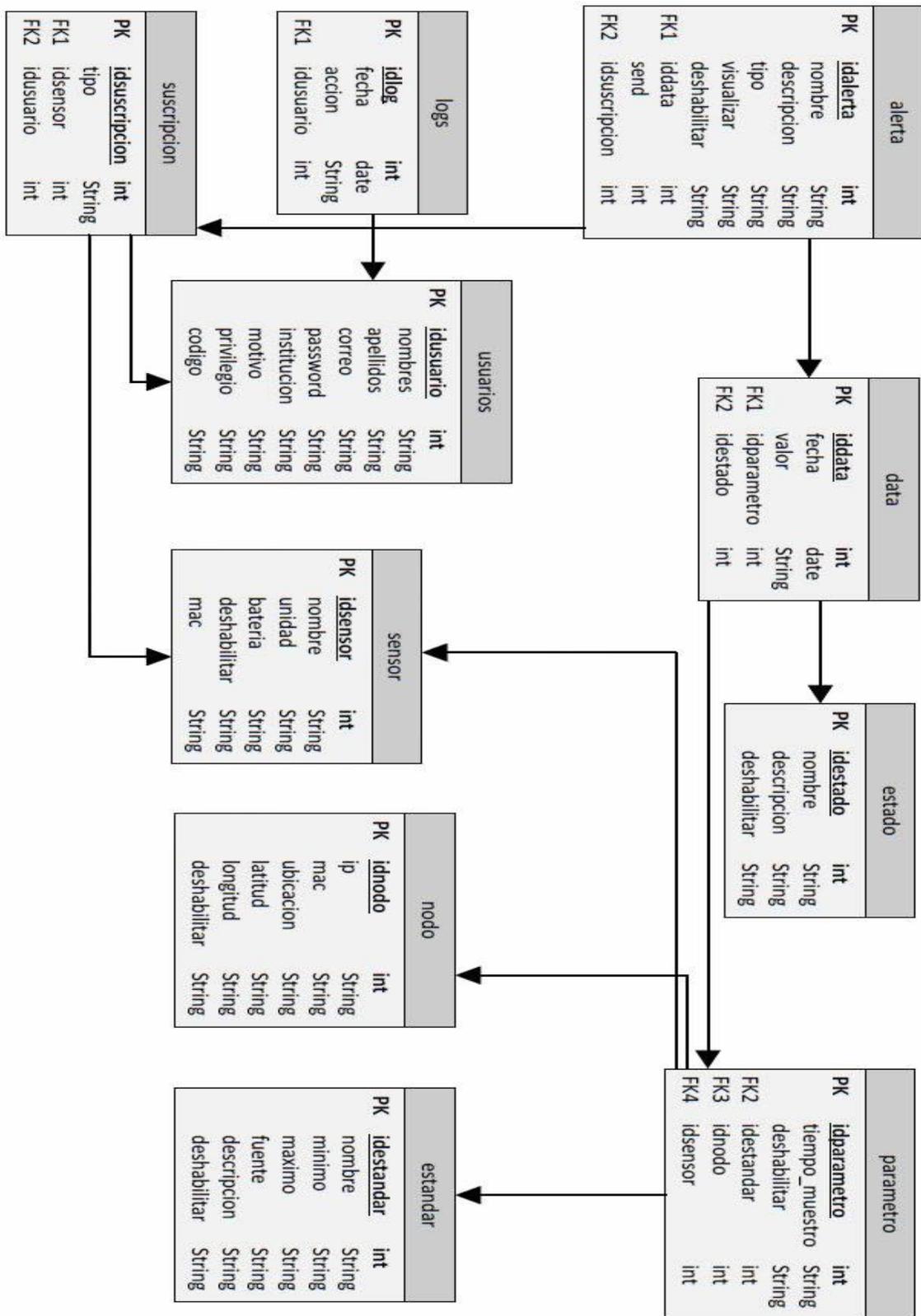


Figura 26. Diagrama de clases

Elaboración: phpmyadmin de Mysql

#### 4.3. DIAGRAMAS DE DESPLIEGUE

El diagrama de despliegue, usado como diagrama estructural en la fase de implementación y despliegue, muestra la forma en que se implementan las diferentes partes de un sistema, como nodos (elementos donde se ejecutan los componentes y representan su despliegue físico) y componentes (elementos que participan en la ejecución del sistema y representan el empaquetamiento físico de los elementos lógicos), en el entorno de hardware. En éste, se especifica la el conjunto de construcciones y los elementos concretos físicos de la arquitectura de ejecución del sistema. El diagrama de despliegue (Figura 27) posee los siguientes componentes:

➤ **Navegador**

El browser deberá soportar HTML5.

➤ **Servidor Web**

Servidor Web Apache que cuenta con un módulo PHP con win 8.1 como sistema operativo, disco duro de 500 GB y 4GB de memoria RAM. Se encargará de la gestión de ambientes o salas de monitorización y de la gestión de alarmas. El navegador al solicitar alguna información establece una sesión usando el puerto 80.

➤ **Servidor de Base de datos**

La plataforma emplea dos bases de datos MySQL homogéneas distribuidas, una ubicada en la ciudad de Puno y otra en el pueblo de Coata puno, intercomunicadas por la red de transporte de Wi-Fi.

En la bases de datos se almacenan principalmente usuarios, elementos de la red de sensores y estándares de calidad ambiental que son empleando en las diversas funcionalidades del sistema. El puerto asignado hacia el servidor Web es el 3306, ante caídas del enlace las bases de datos se sincronizan.

➤ **Middleware**

El middleware se implementará en un módulo de wifi ESP8266, Éste se encargará de establecer la conexión empleando TCP/IP, y conectándose don el nodo atravez del protocolo TCP con la finalidad de extraer la data requerida por el sistema. Asimismo, se encargará de la uniformización de las unidades de medida según los estándares.

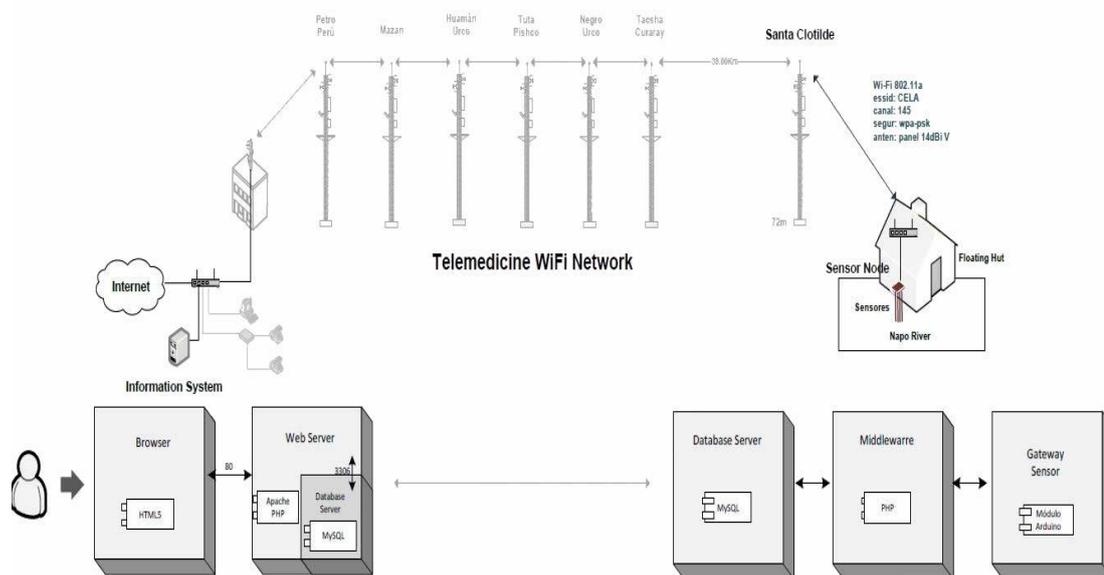


Figura 27. Diagrama de despliegue.

Fuente: WNS Network

#### 4.4. IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN

##### 4.4.1. Herramientas fundamentales

Para la implementación de la plataforma se han empleado las siguientes herramientas:

➤ **Sistema operativo Win 10 Desktop 12.04 LTS**

Sistema operativo basado en Windows que cuenta con licencias de pago, posee una versión de apoyo por un período de 5 años hasta junio de 2016, bajoun soporte de continua mejora que garantiza su seguridad y estabilidad.

➤ **Sistema operativo Win 8.1. Toshiba (Win Server)**

Sistema operativo Windows basado en la arquitectura de servidor, con una arquitectura de 64 bits, está basado en server 2008 y no cuenta con licencias de pago. Se utilizará en el sistema servidor para la implementación del middleware.

➤ **Apache 2.2.26**

Servidor HTTP de código abierto que soporta diversos sistemas operativos como UNIX y Windows NT, el Apache HTTP Server Project están continuamente mejorando para que sea un servidor seguro, eficiente y extensible, que proporcione servicios HTTP en sincronización con los estándares HTTP actuales. Actualmente, según Netcraft, a nivel global el 51.59% de los servidores web activos utilizan Apache. Entre las mejoras que presenta esta versión cuenta con Improved Caching.

➤ **PHP 5.5.6**

Lenguaje de scripting de propósito general, de código abierto y adecuado para el desarrollo web. Soporta múltiples plataformas, es rápido, flexible y pragmático. En la plataforma se emplea como módulo del servidor Apache y del middleware. Esta versión corrigió los errores del manejo de espacios en blanco en la elaboración de la data en formato JSON.

➤ **JQPlot 1.0.8 r1250**

Herramienta de código abierto para trazar gráficas y cuadros basadas en jQuery Javascript. El trazado de las líneas, ejes, sombras, cuadrícula, y otros se manejan utilizando plugins que son renderizándose. Entre las características más resaltantes están el soporte de hasta 9 ejes de ordenadas que facilita la comparación de parámetros, ejes de fechas los cuales son adecuados para conocer la data en el tiempo, gráficos personalizables y el cálculo automático de la línea de tendencia que se ajustará a la data correspondiente.

➤ **MySQL 5.0**

Base de datos relacional, multiplataforma y de código abierto bajo licencia GPL, alto rendimiento operacional, cuenta con joins muy rápidos usando multi-joins de un paso optimizados, proporciona sistemas de almacenamiento transaccionales y no transaccionales, sistema de privilegios y contraseñas flexible y seguro, y escalabilidad de 50 millones de registro y 64 índices por tabla, tiene baja probabilidad de corromper datos lo que favorece que la integridad de la data, necesita requerimientos

de bajo costo y consumo apropiado para la base de datos que se implementará en el sistema embebido ALIX. [MSQL-FE]

➤ **JpGraph**

JpGraph es una poderosa librería desarrollada para PHP4 y PHP5 cuyo propósito es simplificar la creación del trazado de gráficas dinámicas en 2D, JpGraph además se puede usar por si misma o como parte integrada de un proyecto mayor.

| REQUISITOS   | CARACTERISTICAS   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cualquier Sistema Operativo de 32bits capaz de operar PHP5.</li> <li>- PHP5, versión 5.1.0 o superior (puede funcionar con versiones anteriores pero no está soportado oficialmente).</li> <li>- Tener la librería GD 2.x de PHP activada. Normalmente viene incluida con la distribución PHP5. Recomendamos el uso de la versión de GD incluida en PHP5 y no instalarlo por separado.</li> <li>- Estar familiarizado y tener habilidades básicas en PHP.</li> <li>- Tener entendimiento de los conceptos de Objetos y de Programación Orientada a Objetos.</li> <li>- Entendimiento total de los conceptos básicos de clase, método, instancias de clase.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducido peso en bytes de las imágenes resultado. Habitualmente unas pocas KB.</li> <li>- Soporte a las librerías GD1 o GD2.</li> <li>- Uso de la Interpolación matemática para obtener curvas a partir unos pocos valores.</li> <li>- Diversos tipos de gráficas 2D o 3D, como de puntos, líneas, tartas, barras, cajas.</li> <li>- Escalas flexibles tanto en el eje X como el Y, que se ajustan al juego de datos que se tenga que representar.</li> <li>- Soporte para generar gráficas con varios juegos de valores a la vez.</li> <li>- Configurable con distintos tipos de colores, leyendas, tipografías, imágenes de fondo, etc.</li> </ul> |

Tabla 3. Requisitos y Características, JpGraph

Este juego de librerías dispone de una extensa documentación y tutoriales para aprender a manejarlo. En la documentación se encuentran además numerosos ejemplos de su uso, desde los que podemos partir para solucionar nuestras necesidades.

## 4.5. PROTOTIPOS O INTERFACES

### 4.5.1. Acceso inicial

Página principal

La portada de bienvenida de la plataforma de monitorización de redes de sensores se enfoca en la facilidad de uso y en el acceso a los usuarios de manera que sea una interfaz intuitiva. Los navegadores que soporten HTML5 como Chrome, Firefox y Opera son altamente recomendados tanto para computadores, tabletas y teléfonos móviles.



Figura 28. Portada de la Plataforma de Monitorización.

Elaboración: Por investigadores.

#### 4.5.2. Registro de cuenta

La interfaz de registro de una cuenta permite al usuario inscribirse con sus datos personales, ingresando sus nombres y apellidos, correo electrónico (de cualquier dominio), contraseña y el motivo de uso. Los campos requeridos son validados tanto en longitud como el uso de caracteres permitidos y que puedan registrarse una vez.

PRINCIPAL Inicio Registros Reportes Graficos Monitorizacion Administracion 8:21:43 Paul Salazar Tapia

Home / Administracion de Usuarios

Nuevo

Registro Nuevo Usuario

Nombres Apellidos

Dni Email

Password Re - Password

Cerrar Registrar

Ingrese nombre de usuar Buscar

Figura 29. Registro de cuenta.

Elaboración: Por investigadores.

#### 4.5.3. Actualización del perfil del usuario

Luego de la validación y activación de su cuenta, el usuario dispone de opciones de actualización de usuario, contraseña y motivación de uso, ver la figura 4.10.

PRINCIPAL Inicio Registros Reportes Graficos Monitorizacion Administracion 8:20:41 Paul Salazar

Mostrar Datos de Edicio

DELETE PERFIL

Eliminar

Volver Atras

Editando Usuario

Codigo: 1 Nombres: Paul

Apellidos: Salazar Tapia Dni: 70293020

Correo Electronico: yurj.tk@hotmail.com Password: Password

Nivel: --- Seleccione --- Estado: --- Seleccione ---

Cerrar Actualizar Datos

| CODIGO | NOMBRES | APELLIDO      |
|--------|---------|---------------|
| 1      | Paul    | Salazar Tapia |

Figura 30. Actualizar información de usuario.

Elaboración: Por investigadores.

#### 4.5.4. Gestión del entorno de monitorización

Los invitados o personas no registradas en la plataforma, también pueden conocer el comportamiento de los sensores disponibles de forma limitada bajo una interfaz de listado cronológicamente ordenado y con las opciones de filtrados según el tipo de sensor, nodo o fecha registrados.

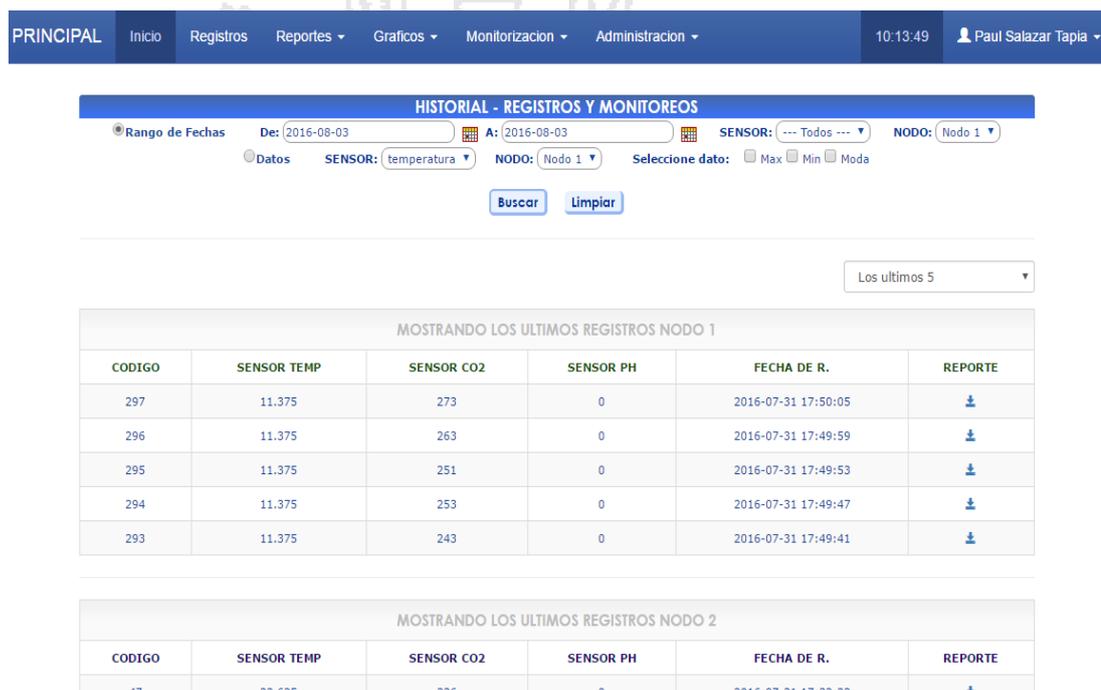


Figura 31. Listado de data recolectada.

Elaboración: Por investigadores.

Por otro lado, a partir de la activación de la cuenta del usuario, se establece su perfil y podrá emplear las funcionalidades de la plataforma según sus intereses. El usuario puede apreciar un entorno en tiempo real, con un período de actualización de acuerdo con la recolección de la data, el comportamiento de los sensores con sus respectivos estándares y los estados de las alertas encontradas.

Asimismo, se cuenta con un área de alertas, la cual se encuentra dentro del entorno de monitorización. En éste se halla una subsección donde se manifiestan las alertas detectadas que pueden ser alertas debido a fallas en un sensor o debido al sobrepaso de los límites máximos permitidos o el incumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental.



| Codigo                       | sensor | Fecha Registro | Valor |
|------------------------------|--------|----------------|-------|
| No se encontraron resultados |        |                |       |

Figura 32. Entorno de monitorización en tiempo real.

Fuente: Aplicación de investigadores

La variación de la data recolectada se puede realizar de dos maneras (i) a través de la sección de los nodos sensores que mostrará los sensores asociados o (ii) mediante la elección de sensores que observará sus nodos asociados. De tal forma que se realice una búsqueda multiparámetro, ya sea por área de cobertura o parámetro de interés. Para obtener la data actualizada se colocó un script que verifica si ha llegado una trama al nodo sensor con una frecuencia determinada por el especialista o administrador.

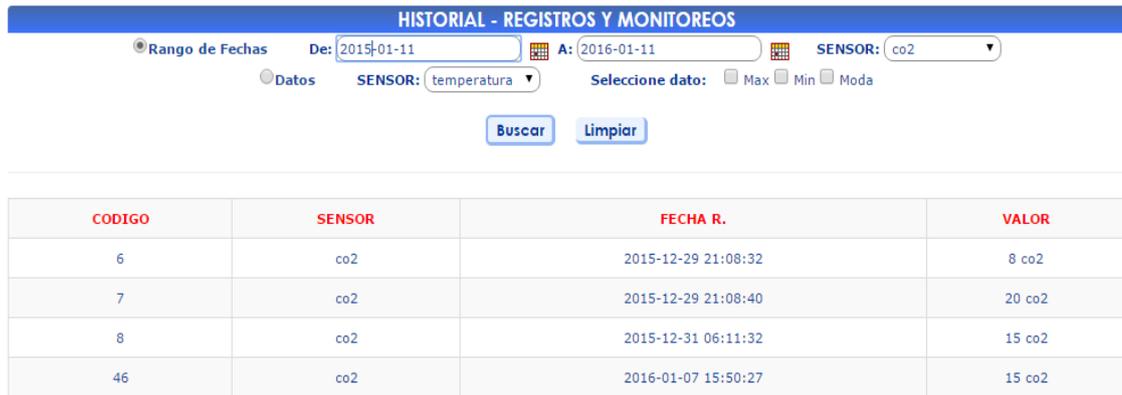


Figura 33. Entorno de monitorización en tiempo real según sensores.

Elaboración: Por investigadores.

#### 4.5.5. Historial

En el módulo de Historial se proporciona las mismas funcionalidades mencionadas anteriormente, es decir, la sección multiparámetro, la comparación con estándares, las alertas y la exportación de gráficas. A éstas, se agregaron las funcionales de selección de un rango o período de interés, y la comparación entre diferentes sensores por área o diferentes áreas por sensor, y también se puede visualizar el dato máximo, mínimo, o la moda del sensor seleccionado. Como se muestra en la figura.



Figura 34. Selección de un sensor y visualización de datos.

Elaboración: Por investigadores.

#### 4.5.6. Gestión de redes de sensores.

Esta es una de las funcionalidades más importantes para el correcto funcionamiento del Servicio Web implementado. Los usuarios con privilegios de especialista podrán realizar la agregación y actualización de los nodos sensores, sensores y sus conjuntos, estándares y sus respectivas características.

#### 4.5.7. Registro de sensores, nodos y parámetros

Para el registro de sensores se tiene que completar los campos obligatorios de nombre de sensor, unidad de medición y tiempo de muestro. Así como también, los nodos sensores al registrarlos son necesarios los campos de ubicación, dirección IP y MAC. Los parámetros, que son la asociación de un nodo sensor con sus respectivos sensores, se registran según la disponibilidad de los nodos y sensores que se hayan inscrito previamente. Se incluye la actualización de sus características, que el usuario con privilegios de especialista puede realizar.

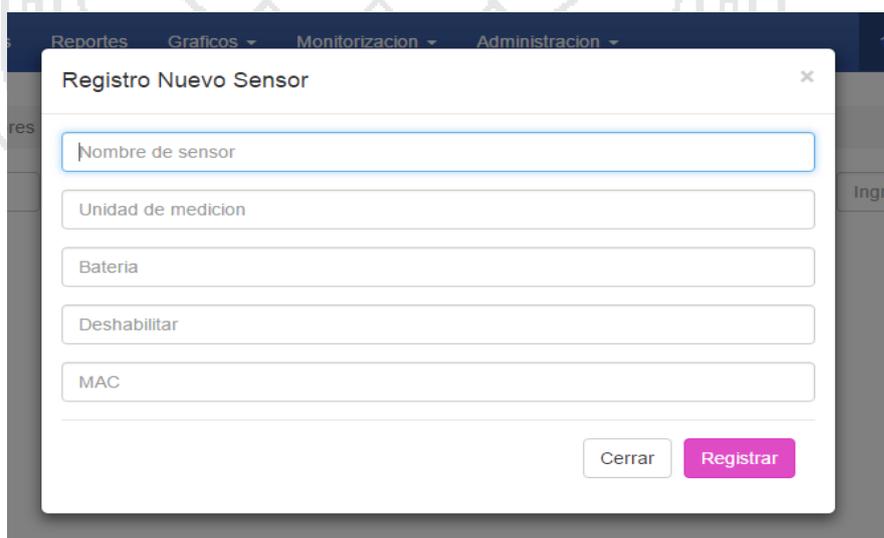


Figura 35. Agregar sensor.

Elaboración: Por investigadores.

Home / Administracion de Parametros

Nuevo Listar Limpiar Ingrese parametro... Buscar

...  
Llenar los campos requeridos

---Seleccione Nodo --- ---Seleccione sensor ---

---Seleccione estandar --- Fecha de registro \* dd/mm/yyyy

Registrar

Figura 36. Parámetros de sensores.

Elaboración: Por investigadores.

#### 4.5.8. Generación de reportes

Otra funcionalidad más resaltante de la plataforma es la creación de reportes. A través de ésta es posible la selección de data que sea de interés y será mostrada según el período de análisis, los sensores, los nodos, las alertas o los estándares que convenga.

Antes de la generación del reporte, se validará si se dispone de la data requerida y se podrá hacer un reporte. También se podrá realizar el reporte por fechas de registros.

**REPORTES DE SENSORES**

Ingrese Nombre de sensor De: 01/01/2016 A: 14/01/2016 x SENSOR: --- Todos --- Exportar Búsqueda a PDF

---Seleccione rango ---

| Codigo | sensor | Fecha Registro | Valor  |
|--------|--------|----------------|--------|
| 46     | co2    | 07/01/2016     | 15 co2 |
| 47     | ph     | 07/01/2016     | 14 ph  |
| 48     | temp   | 07/01/2016     | 10 Cen |

Figura 37. Reportes de sensores por fechas.

Elaboración: Por investigadores.

#### 4.5.9. Generación de gráficos

Se implementó un diseño para la gestión de gráficos de sensores, ya sea por fechas y tipo de sensor seleccionado. La cual también permite la exportación de la gráfica de interés en formato Jpg.

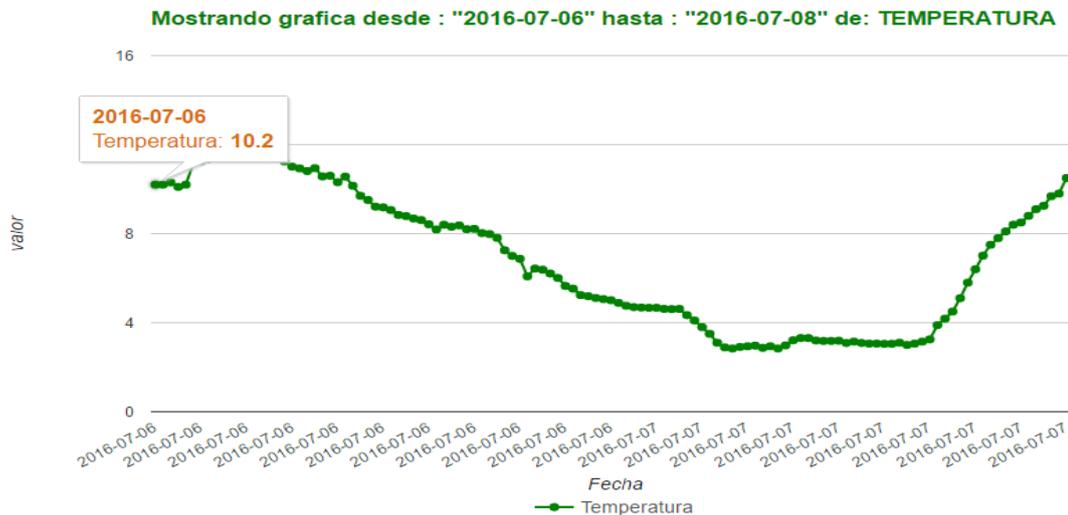


Figura 38. Selección y resultado de grafico de sensor.

Elaboración: Por investigadores.

Los datos mostrados en la tabla 4, son obtenidos y monitorizados por la web, los cuales se calculó de 120 datos a partir de las 11:00 am (06-07-2016), hasta las 11:00 am del día siguiente, el cálculo fue ejecutado en el programa Excel. Las cuales son mostrados a continuación.

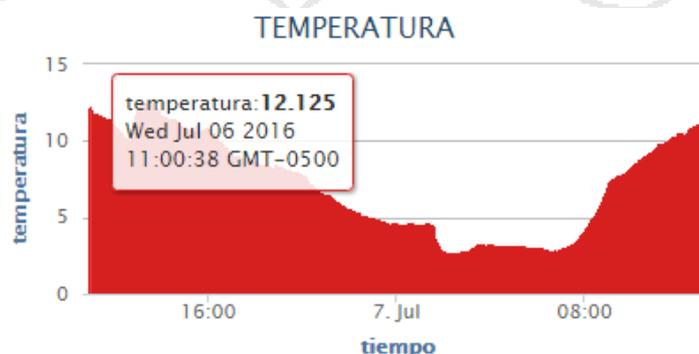


Figura 39. Grafica obtenida el día 06-07-2016 hasta el día 07-07-2016.

Elaboración: Por investigadores.

**Datos Obtenidos durante un periodo de tiempo:**

Los datos fueron obtenidos durante un día completo. Los cuales fueron mostrados a continuación en la tabla 4.

| <b>HORA</b>          | <b>DATOS TEMP / CENTIGRADOS</b> |       |       |        |       |
|----------------------|---------------------------------|-------|-------|--------|-------|
| <b>11:00 - 12:00</b> | 10.2                            | 10.2  | 10.3  | 10.1   | 10.2  |
| <b>12:00 - 13:00</b> | 11.18                           | 11.25 | 11.35 | 11.48  | 11.81 |
| <b>13:00 - 14:00</b> | 12.02                           | 12.18 | 11.31 | 11.878 | 11.95 |
| <b>14:00 - 15:00</b> | 11.75                           | 11.54 | 11.24 | 11.01  | 10.93 |
| <b>15:00 - 16:00</b> | 10.81                           | 10.94 | 10.57 | 10.6   | 10.31 |
| <b>16:00 - 17:00</b> | 10.56                           | 10.15 | 9.9   | 9.51   | 9.21  |
| <b>17:00 - 18:00</b> | 9.18                            | 9.06  | 8.84  | 8.79   | 8.68  |
| <b>18:00 - 19:00</b> | 8.61                            | 8.42  | 8.19  | 8.4    | 8.31  |
| <b>19:00 - 20:00</b> | 8.37                            | 8.2   | 8.215 | 8.025  | 7.98  |
| <b>20:00 - 21:00</b> | 7.81                            | 7.25  | 7     | 6.87   | 6.08  |
| <b>21:00 - 22:00</b> | 6.43                            | 6.38  | 6.21  | 6.01   | 5.65  |
| <b>22:00 - 23:00</b> | 5.53                            | 5.24  | 5.19  | 5.11   | 5.06  |
| <b>23:00 - 24:00</b> | 5.01                            | 4.89  | 4.76  | 4.7    | 4.68  |
| <b>24:00 - 1:00</b>  | 4.67                            | 4.67  | 5.62  | 4.61   | 4.62  |
| <b>1:00 - 2:00</b>   | 4.34                            | 4.1   | 3.8   | 3.5    | 3.1   |
| <b>2:00 - 3:00</b>   | 2.89                            | 2.84  | 2.91  | 2.94   | 2.97  |
| <b>3:00 - 4:00</b>   | 2.87                            | 2.94  | 2.84  | 2.98   | 3.21  |
| <b>4:00 - 5:00</b>   | 3.31                            | 3.31  | 3.2   | 3.18   | 3.18  |
| <b>5:00 - 6:00</b>   | 3.19                            | 3.09  | 3.15  | 3.09   | 3.06  |
| <b>6:00 - 7:00</b>   | 3.06                            | 3.05  | 3.05  | 3.1    | 3     |
| <b>7:00 - 8:00</b>   | 3.06                            | 3.15  | 3.25  | 3.89   | 4.18  |
| <b>8:00 - 9:00</b>   | 4.5                             | 5.1   | 5.8   | 6.4    | 7.01  |
| <b>9:00 - 10:00</b>  | 7.5                             | 7.8   | 8.1   | 8.4    | 8.5   |
| <b>10:00 - 11:00</b> | 8.8                             | 9.1   | 9.25  | 9.68   | 9.8   |

Tabla 4. Tabla de datos de temperatura.

Elaboración: Por investigadores, excel.

Resultado de cálculo de datos:

| <b>DATOS ESTADISTICOS</b> |                |              |              |
|---------------------------|----------------|--------------|--------------|
|                           | <b>SIMBOLO</b> | <b>DATOS</b> | <b>FINAL</b> |
| NUMERO DE DATOS           | N~             | 120          |              |
| VALOR MAXIMO              | Vmax           | 12.18        |              |
| VALOR MINIMO              | Vmin           | 2.84         |              |
| RANGO                     | R              | 9.34         |              |
| NUMERO DE CLASE           | K              | 8.274377299  | 8            |
| MEDIA                     | Me             | 6.852316667  |              |
| MODA                      | Md             | 10.2         |              |
| MEDIANA                   |                | 6.65         |              |
| VARIANZA                  | S^2            | 9.425725126  |              |
| DESVIACION ESTANDAR       | S              | 3.070134382  |              |
| COEFICIENTE DE VARIANZA   |                | 44.80432723  |              |
| INTERVALO DE CLASE        |                | 1.128785848  | 1.2          |

Tabla 5. Tabla de resultados de temperatura.

Elaboración: Por investigadores, excel.

| Numero de clase | Lim Inferior | Lim Superior | Puntos med | frecuencia | Frec Acum | Frec medi  | Fre Porcentual |
|-----------------|--------------|--------------|------------|------------|-----------|------------|----------------|
| K               | Lim inf      | lim sup      | Xi         | fr         | fa        | md         | Fr %           |
| 1               | 2.84         | 4.04         | 3.44       | 32         | 32        | 0.26666667 | 26.6666667     |
| 2               | 4.04         | 5.24         | 4.64       | 18         | 50        | 0.41666667 | 41.6666667     |
| 3               | 5.24         | 6.44         | 5.84       | 10         | 60        | 0.5        | 50             |
| 4               | 6.44         | 7.64         | 7.04       | 5          | 65        | 0.54166667 | 54.1666667     |
| 5               | 7.64         | 8.84         | 8.24       | 19         | 84        | 0.7        | 70             |
| 6               | 8.84         | 10.04        | 9.44       | 9          | 93        | 0.775      | 77.5           |
| 7               | 10.04        | 11.24        | 10.64      | 15         | 108       | 0.9        | 90             |
| 8               | 11.24        | 12.44        | 11.84      | 12         | 120       | 1          | 100            |
| total           |              |              |            | 120        |           |            |                |

Tabla 6. Tabla de estadística de temperatura.

Elaboración: Por investigadores, excel.

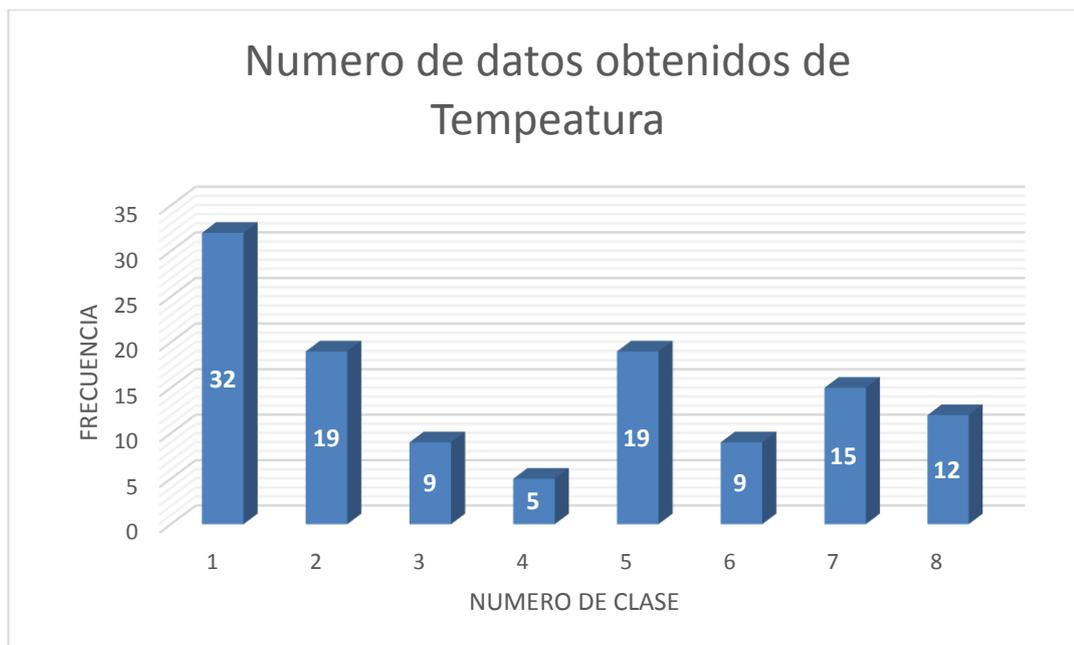


Figura 40. Datos obtenidos de la frecuencia de temperatura.

Elaboración: Por investigadores, excel.

#### 4.5.10. Interfaz de wifi a web con socket

```

1 <?php
2 error_reporting(E_ALL);
3
4 echo "<h2>TCP/IP Connection</h2>\n";
5
6 $service_port = getservbyname(80);
7 $address = gethostbyname('localhost');
8 /* Crear un socket TCP/IP. */
9 $socket = socket_create(AF_INET, SOCK_STREAM, SOL_TCP);
10 if ($socket === false) {
11     echo "socket_create() falló: razón: " . socket_strerror(socket_last_error()) . "\n";
12 } else {
13     echo "OK.\n";
14 }
15
16 echo "Intentando conectar a '$address' en el puerto '$service_port'...";
17 $result = socket_connect($socket, $address, $service_port);
18 if ($result === false) {
19     echo "socket_connect() falló.\nRazón: ($result) " . socket_strerror(socket_last_error($socket)) . "\n";
20 } else {
21     echo "OK.\n";
22 }
23
24 $in = "HEAD / HTTP/1.1\r\n";
25 $in .= "Host: localhost\r\n";
26 $in .= "Connection: Close\r\n\r\n";
27 $out = '';
28
29 echo "Enviando petición HTTP HEAD ...";
30 socket_write($socket, $in, strlen($in));
31 echo "OK.\n";
32
33 echo "Leyendo respuesta:\n\n";
34 while ($out = socket_read($socket, 80)) {
35     echo $out;
36 }
37
38 echo "Cerrando socket...";
39 socket_close($socket);
40 echo "OK.\n\n";
41 ?>

```

Figura 41. Programación socket, Wifi y Web.

#### 4.1.2. DISEÑOS Y ESQUEMA DE PROYECTO

##### 4.1.2.1. Cálculo de ancho de banda y visitas en la web.

###### ➤ DATOS QUE ENVÍAN LOS NODOS HACIE EL SERVIDOR

Nodo 1 = 6 bytes x 8 = 48 bits

Nodo 2 = 6 bytes x 8 = 48 bits

Nodo 3 = 6 bytes x 8 = 48 bits

Datos que se envían 3 nodos = 48 bits + 48 bits + 48 bits = 144 bps

El ancho de banda mínimo necesario es de 144 bps

###### ➤ DATOS DEL SERVIDORES A LOS USUARIOS

Para 1.000 visitas diarias a 40kB cada una, dividimos páginas diarias por 86400 (24 horas en segundos) y multiplicamos por 10.

$1.000 \text{ pv} / 86.400 \text{ seg} = 0.11 \text{ seg} * 40\text{KB} * 10 = 44\text{kbps}$

Nuestros requerimientos son de 44kbps

Para calcular el máximo

$0.11 \text{ seg} * 40\text{KB} * 3 * 10 = 132\text{Kbps}$

Para visitas en simultáneo:

Para 20 usuarios conectados a 40kB se tiene:

$20 * 40\text{KB} * 10 = 8\text{mbps}$ .

4.1.2.2. Esquema de proyecto.

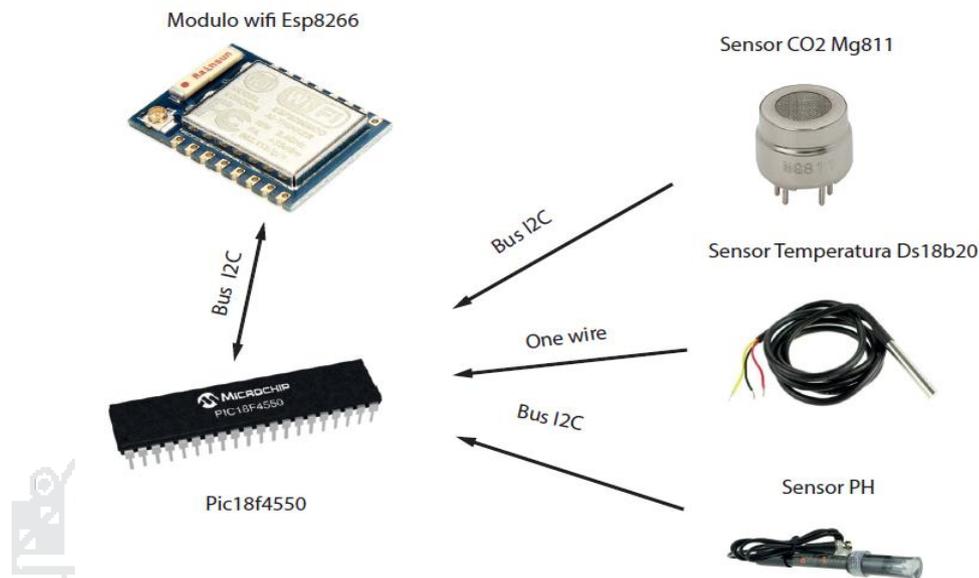


Figura 42. Esquema de proyecto.

4.1.2.3. Calculo de altura de antena y enlace entre dos puntos

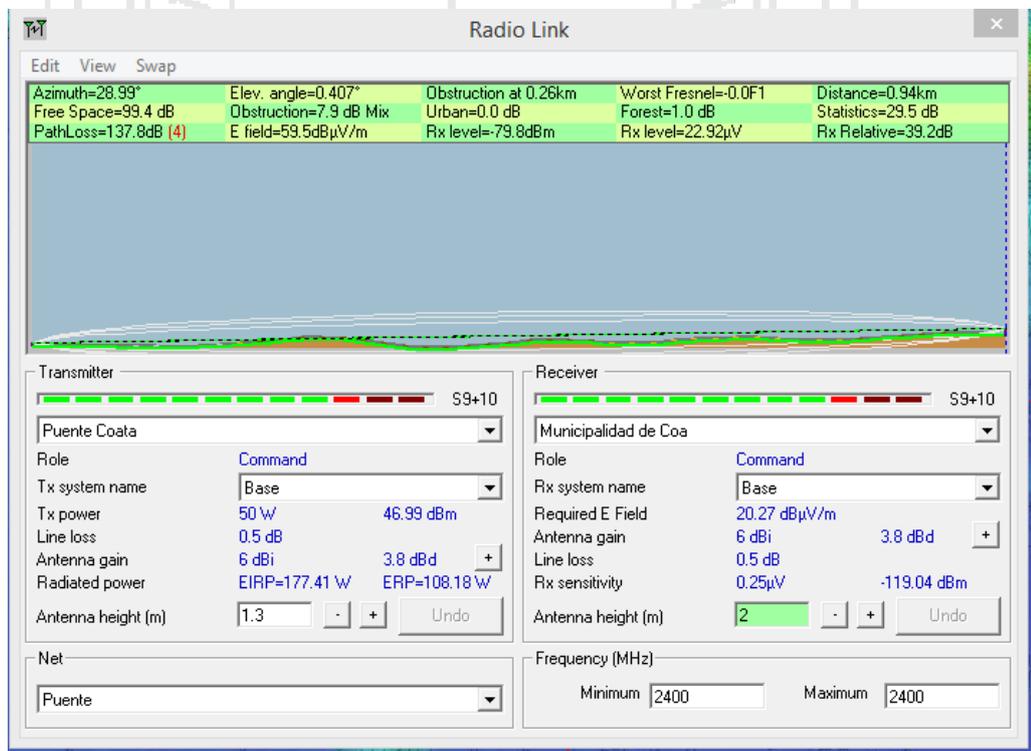


Figura 43. Calculo de altura de antena y enlace

**4.1.2.4. Cálculo de distancia entre dos puntos**

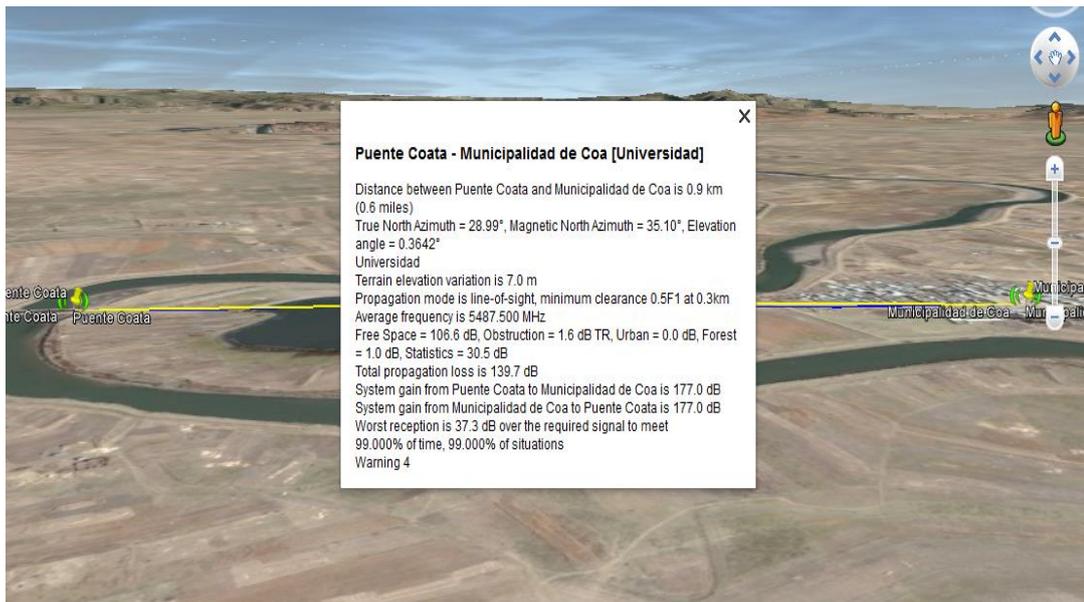


Figura 44. Cálculo de distancia entre los dos puntos.

Fuente: google eart.

**4.1.2.5. Puntos de muestreo**

Se tomó el punto numero dos para las pruebas, ya que las distancias son proporcionales.

Punto 1: latitud: 15°33'46.91"S longitud: 69°57'22.26"O

Punto 2: latitud: 15°33'55.07"S longitud: 69°57'22.74"O

Punto 3: latitud: 15°33'57.40"S longitud: 69°57'18.44"O



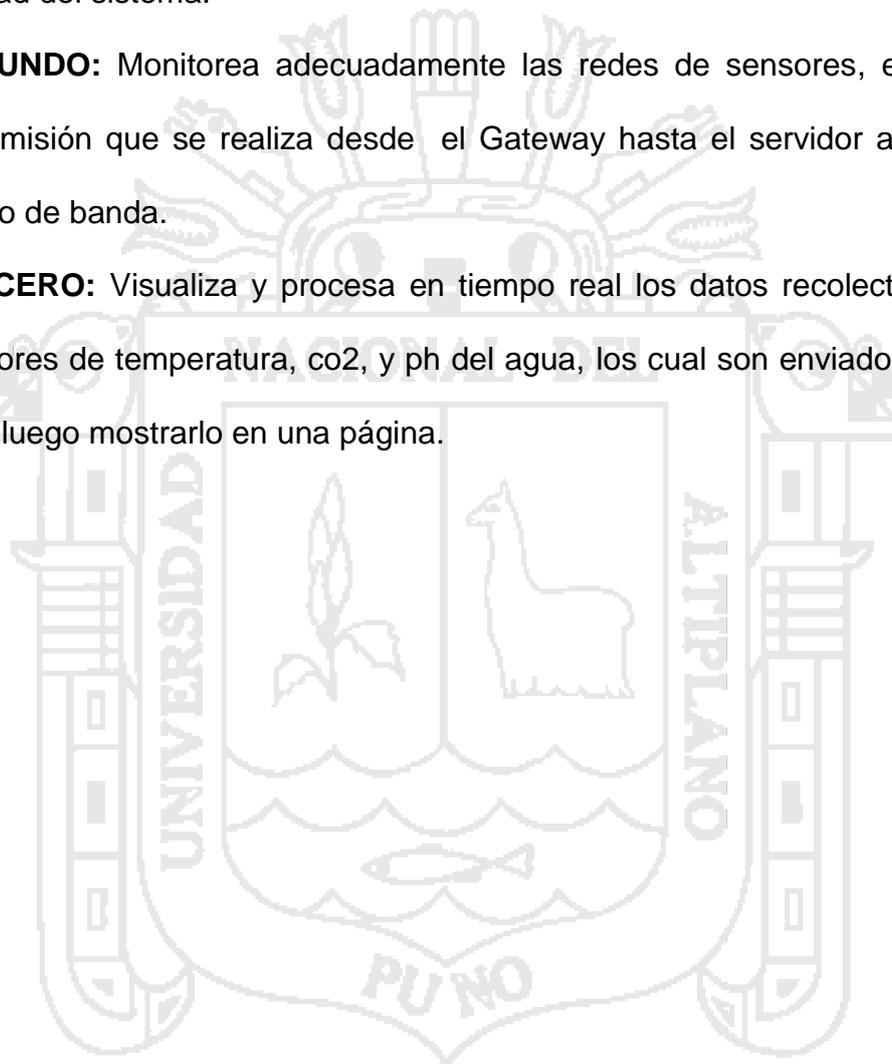
Figura 45. Puntos de muestreo.

## CONCLUSIONES

**PRIMERO:** Monitorea el comportamiento periódico de la data recolectada y gestiona las redes de sensores desplegadas, evidenciado en la validación de utilidad del sistema.

**SEGUNDO:** Monitorea adecuadamente las redes de sensores, el enlace de transmisión que se realiza desde el Gateway hasta el servidor así como del ancho de banda.

**TERCERO:** Visualiza y procesa en tiempo real los datos recolectados de los sensores de temperatura, co2, y ph del agua, los cual son enviados al servidor para luego mostrarlo en una página.



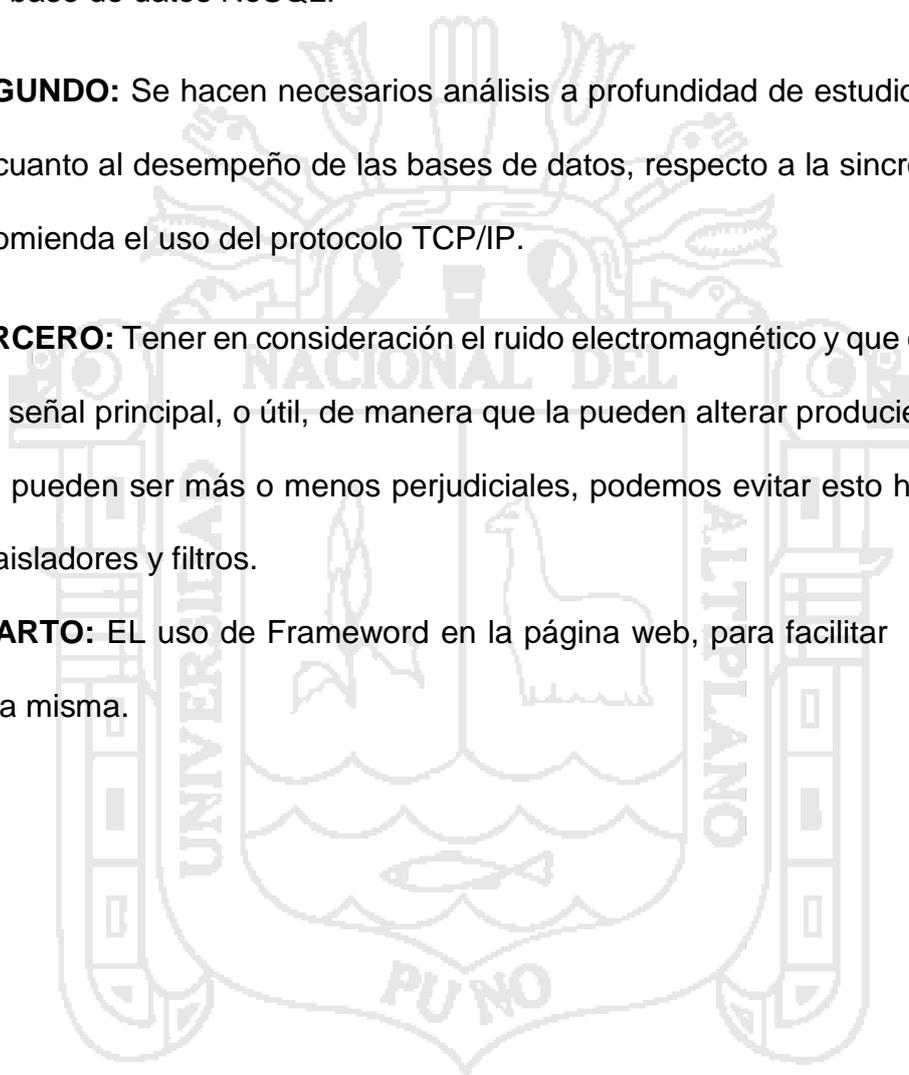
## RECOMENDACIONES

**PRIMERO:** Dado el crecimiento en la acumulación de datos y la integración entre, cada vez más, redes de sensores y usuarios, se recomienda migrar hacia una base de datos NoSQL.

**SEGUNDO:** Se hacen necesarios análisis a profundidad de estudios de campo en cuanto al desempeño de las bases de datos, respecto a la sincronización se recomienda el uso del protocolo TCP/IP.

**TERCERO:** Tener en consideración el ruido electromagnético y que están unidas a la señal principal, o útil, de manera que la pueden alterar produciendo efectos que pueden ser más o menos perjudiciales, podemos evitar esto haciendo uso de aisladores y filtros.

**CUARTO:** EL uso de Framework en la página web, para facilitar el desarrollo de la misma.



**BIBLIOGRAFÍA**

- A., J. d. (noviembre de 2005). Acenologia. Obtenido de [http://www.acenologia.com/correspondencia/redes\\_sensores\\_vitiprecision\\_1209.htm](http://www.acenologia.com/correspondencia/redes_sensores_vitiprecision_1209.htm)
- Aransay, A. L. (2009). Military command, control, communication, and intelligence- Redes y Sistemas Inteligentes.
- Arias, J. d. (2005). Aplicación de redes de sensores inalámbricos para la viticultura de precisión. Madrid : ACE Revista de Enología.
- Borger, A. (2010). Application and services in the NGN. Estados Unidos.
- CHOI, H.-S. (2010). Distributed semantic sensor web architecture. IEEE.
- Claycomb, W. R. (2011). security policy framework for wireless sensor networks. datasheets. (2010). Sensor DS18B20. Obtenido de <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>
- Dolores cuadra, E. C. (2011). FUNDAMENTOS DE BASES DE DATOS. ra ma.
- GÓMEZ, C. y. (2010). Sensors Everywhere Wireless Network Technologies and Solutions. Vodafone.
- Grutter, M. (2001). Programa de Estaciones Meteorologicas del Bachillerato Universitario (PEMBU). Madrid.
- Hadley. (2001). Medición de la fuerza del viento según la escala Beaufort. España.
- HARA, T. (2010). Wireless Sensor Network Technologies for the. Springer.
- Kim, M., Mi Yeon Yoon, & Hyun Jeong Cheol . (2009). Aplicaciones de Seguridad de Información - Modelo USN Middleware Seguridad. Busan, Corea: Springer Berlin Heidelberg.
- Kirchner, C. F. (2011). Entornos invisibles - estacion metereologica. Buenos Aires: Saavedra.
- Lopez, A. (2013). Las normas como ODBC y JDBC. Obtenido de ODBC y JDBC.: <https://prezi.com/cz4cqdmuxlyb/las-normas-como-odbc-y-jdbc-aplicaciones-como-las-hojas-de/>
- Malvino. (2004). Electronica de Potencia. Lima: Pearson.
- Mohammad, I. y. (2005). Handbook of Sensor Networks Compact Wireless and Wired Sensing Systems. CRC PRESS.

- Morgalo, I. B. (2011). Módulo inalámbrico para redes de sensores biomédicos. madrid.
- Mulligan, G. (2015). IPv6 over Low power WPAN (6lowpan). Obtenido de datatracker: <https://datatracker.ietf.org/wg/6lowpan/charter/>
- navathe, E. (2008). Fundamentos de modelos relacionales.
- P.L, M. (noviembre de 2005). Viticultura de precisión. Obtenido de <http://www.acenologia.com/dossier73.htm>
- Pardo, J. C. (2002). Estado del arte -Sistemas de Información para Redes de Sensores Inalámbricos Ubicuos. Colombia.
- SILBERSCHATZ, A. (2006). Database System Concepts. sixth Mc Graw Hill.
- Socket. (2010). arquitectura socket. Obtenido de <http://www.codifica.me/hardware/arquitectura/definicion-de-socket/>
- Ub. (2010). Spss. Obtenido de [ub.edu: http://www.ub.edu/aplica\\_infor/spss/cap4-7.htm](http://www.ub.edu/aplica_infor/spss/cap4-7.htm)
- wikipedia. (1993). lua. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Lua>
- Wikipedia. (Nov de 2002). Nodo sensor. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Nodo\\_sensor](https://es.wikipedia.org/wiki/Nodo_sensor)
- wikipedia. (2011). Lenguaje c. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/C\\_\(lenguaje\\_de\\_programaci%C3%B3n\)](https://es.wikipedia.org/wiki/C_(lenguaje_de_programaci%C3%B3n))
- Wikipedia. (2015). Wikipedia. Obtenido de [Red\\_de\\_sensores: https://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_de\\_sensores](https://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_sensores)
- Wiliams. (2009). Calidad de Sensores.
- Willian. (2008). ROBÓTICA y MICROBÓTICA. Madrid.
- Zaragozá, A. M. (2006). Desarrollo de una estación. Universitat de València - ETSE: Pearson.
- ZHENG, J. y. (2009). Wireless Sensor Networks A. Wiley.

ANEXOS

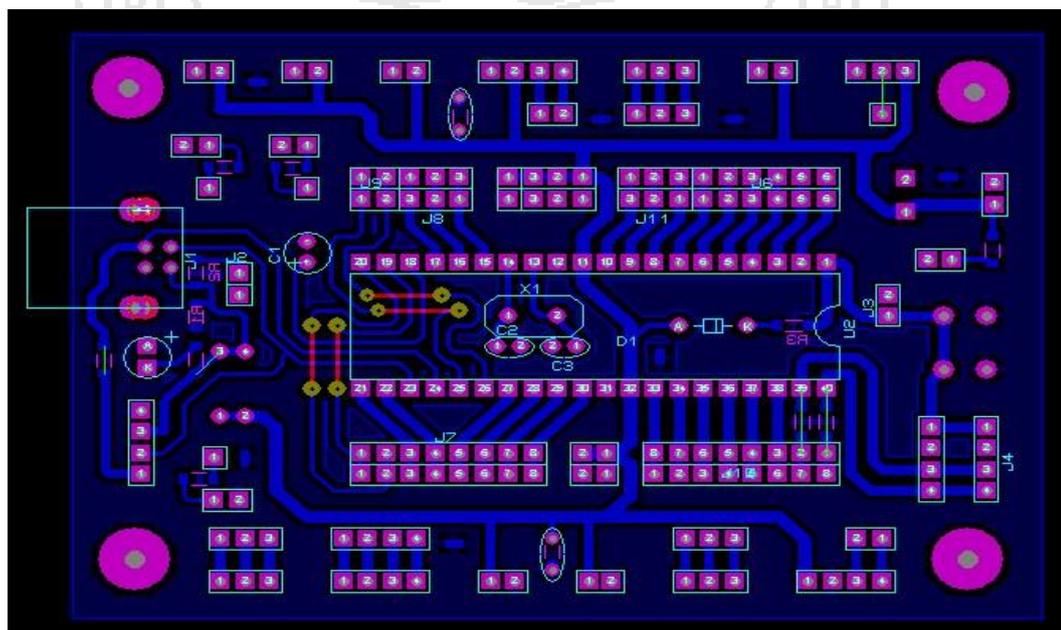
ANEXO 01.

Nodos de sensores



ANEXO 02.

Pic 4550



**ANEXO 03.**

Pruebas en el lugar de campo. 07/04/2016.



**ANEXO 04.**

Pruebas con el sensor de Ph. 10/02/2016





## CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE AGUA

**1.- DATOS GENERALES**

⇒ PAUL YURI SALAZAR TAPIA  
⇒ VLADIMIR ABELARDO AROPAZA ASQUI

Solicitantes (sr) a : .....  
 Procedencia : ..... RIO COATA, DISTRITO, COATA, PROV. PUNO, REGION-PUNO .....  
 Zona lacustre : ..... Análisis de muestra .....  
 Muestra : Análisis *In-situ*. : ..... RECURSO HIDRICO .....  
 N° de Muestra : (1,) .....  
 Motivo : ..... INVESTIGACION INTERPRETATIVA ING, ELECTRONICA .....  
 Fecha de muestreo (visita) : ..... 22.../...05.../...2016... .....  
 Fecha de análisis : ..... 22.../...05.../...2016... .....  
 Análisis / : Físico - Químico. (Hora de muestreo- 10:00 a.m.)

**(2).- RESULTADOS:**

EN CUMPLIMIENTO DE LOS TERMINOS Y PARAMETROS AMBIENTALES DE LA ACTIVIDAD ACUICOLA R.M.: N° 168-2007-PRODUCE / Y SU RESPECTIVO MODIFICATORIA DE ECA, R.M.: N° 019-2011-PRODUCE.

| Catg. | Convencion | Significado  |
|-------|------------|--|
| I     |            | Recurso Hídrico en estado natural, agua de buena calidad     |
| II    |            | Recurso Hídrico levemente contaminado, agua de buena calidad |
| III   |            | Agua regularmente contaminado                                |
| IV    |            | Agua altamente contaminado                                   |
| V     |            | Recurso Hídrico muerto                                       |

**(2.1) CARACTERISTICAS FISICAS/ QUIMICAS (Agua) MUESTRA.**

| PARÁMETROS                                   | VALORES                                    |  |   |
|--|--|--|---|
|  | RANGOS PERMISIBLES :<br>CAT.4 (ECA - Agua) | FACTORES RIO COATA   | CONDICION                                       |
| PH   | 6.7 - 8.5                                  | 6.5 <span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; vertical-align: middle;"></span>   | <i>Ligeramente acido</i>                        |
| Temperatura del agua °C                      | 4.0 - 16.0                                 | 16.7 <span style="background-color: #92D050; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; vertical-align: middle;"></span> | <i>Recurso Ligeramente contaminada variable</i> |
| Dióxido de Carbono (Co <sub>2</sub> ) (mg/l) | 2.0 - 8.0                                  | 18.0 <span style="background-color: #FF8C00; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; vertical-align: middle;"></span> | <i>Agua altamente contaminada</i>               |

**3. CONCLUSION:**

**El pH.** Según los resultados, de los parámetros Físico-químicos del Recurso Hídrico, Las aguas del Rio Coata, presentan un valor promedio de pH 6.5 (*Categ.III*) el cual se encuentra por debajo del rango previsto en la Categoría 4 del ECA – agua (6,5 a 8,5), valor que, indica que son ligeramente acidas esto se da por la presencia de algunos metales pesados; sin embargo éste valor puede modificarse progresivamente en el periodo de concentración de temperatura debido al incremento de la productividad primaria, a un se muestran la biodiversidad de algunas especies acuáticas como, peces, anfibios y aves, tolerantes a agentes contaminantes altos que se concentra en el Rio Coata.

**La temperatura (T°)** promedio del Agua del Rio Coata, en el Mes evaluado (Mayo-2016), en promedio fue 16.7°C (*Categ.II*), con un gradiente térmico significativo, por tanto se evidencia la presencia de termoclina, la cual influye en la hidrodinámica general del cuerpo de agua, con implicancias en la distribución de los organismos acuáticos (fito y zooplancton), la supresión del oxígeno, disminuye su concentración en el recurso, es decir que existe una mezcla anual con las aguas del Rio Ramis, por tanto la suspensión de nutrientes (N y P), altera las condiciones tróficas del Rio Coata.

**Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)** en el Rio Coata de acuerdo al Mes de (Mayo-2016) evaluado *in-situ* como resultado se da en 18.0 (mg/l) que se encuentra en (*Categ. IV*), de concentración convirtiendo en agua altamente contaminada, como el principal agente causal es el vertimiento directo de Aguas servidas, Industriales, la respiración de los peces y plantas emergentes así como de la descomposición de la materia orgánica ocasionando el incremento del DBO<sub>5</sub>, Para las especies acuáticas, no es recomendable que la concentración de dióxido de carbono en el agua exceda de 2 ppm, de lo contrario acelera la baja concentración de oxígeno disuelto y por ende el comportamiento del pH, situaciones negativas que se muestra para el desarrollo de la especies acuáticas, Por lo que se recomienda realizar prospecciones periódicas del recurso hídrico,

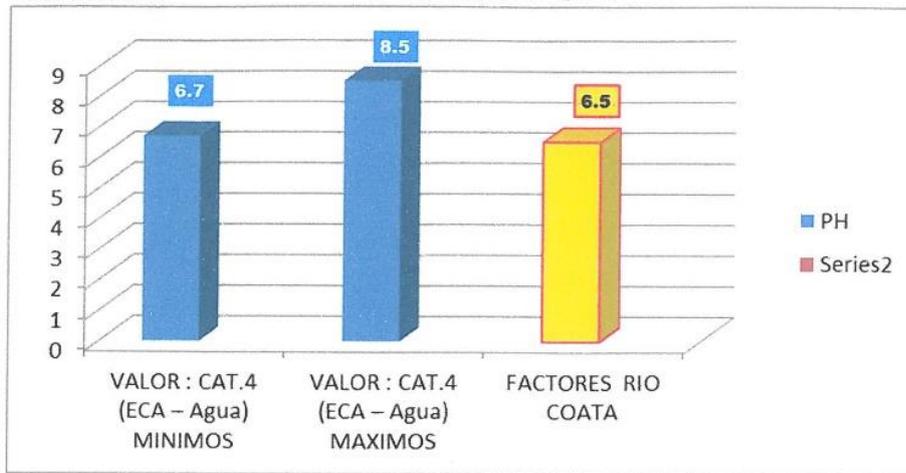
Se expide el presente certificado con fines que crea conveniente.

.....  
 Milton Noé Teóna Quiña  
 Biólogo  
 N° PROFESIONAL 506120  
 C.B.P. 11728

**VALORES ESTADISTICOS DEL RECURSO HIDRICO RIO COATA MAYO-2016.  
(INVESTIGACION ING. ELECTRONICA)**

CUADRO N° 1

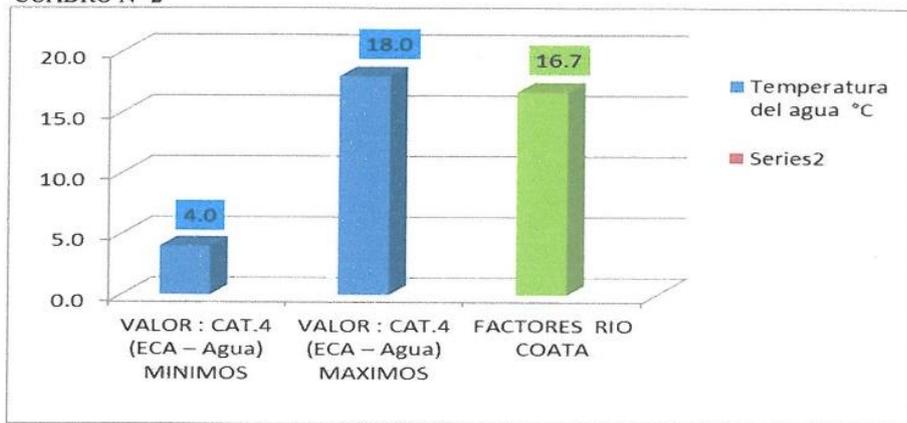
**PARAMETRO: pH.**



Fuente: Elaboración propia/2016, Eca N° 019-2011-PRODUCE

CUADRO N° 2

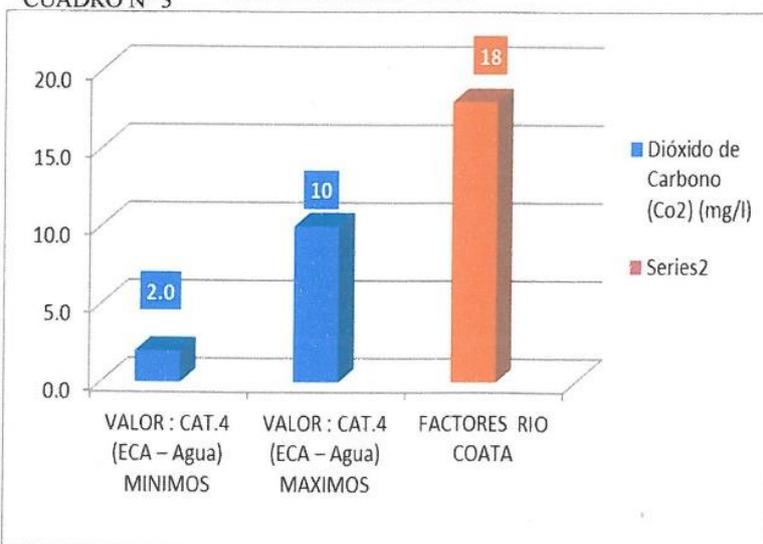
**PARAMETRO: T °C**



Fuente: Elaboración propia/2016, Eca N° 019-2011-PRODUCE

CUADRO N° 3

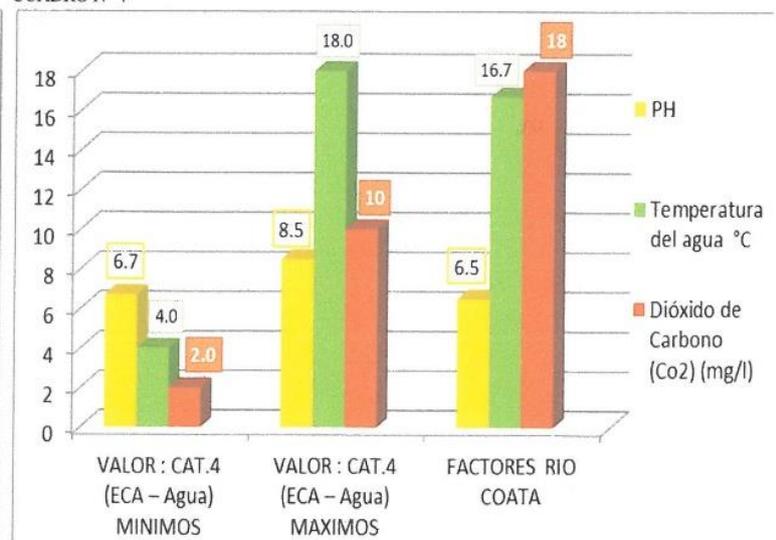
**PARAMETRO: CO2**



Fuente: Elaboración propia/2016, Eca N° 019-2011-PRODUCE

CUADRO N° 4

**COMPARACION LOS TRES VALORES DE ESTUDIO**



Fuente: Elaboración propia/2016, Eca N° 019-2011-PRODUCE

Milton Noe Ticona Quilla