

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE CUENCA**

**CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

*Trabajo de titulación previo  
a la obtención de título de  
Ingeniero de Sistemas*

**PROYECTO TÉCNICO:**

**“DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA RED DE SISTEMAS  
EMBEBIDOS, INTEGRADOS EN UNA ESTACIÓN  
METEOROLÓGICA AUTÓNOMA, ALOJADO EN UN CLOUD  
COMPUTING, PARA EL CASO DE ESTUDIO DEL DEPORTE  
EXTREMO PARAPENTE EN LA LOCALIDAD DEL CANTÓN SAN  
FERNANDO”**

**AUTOR:**

LUIS ARMANDO RAMÓN PASATO

**TUTOR:**

PABLO LEONIDAS GALLEGOS SEGOVIA, PhD.

CUENCA - ECUADOR

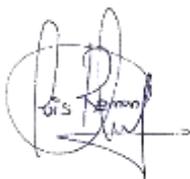
2021

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Luis Armando Ramón Pasato con documento de identificación N° 0104741160, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana, la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación: **“DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA RED DE SISTEMAS EMBEBIDOS, INTEGRADOS EN UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTÓNOMA, ALOJADO EN UN CLOUD COMPUTING, PARA EL CASO DE ESTUDIO DEL DEPORTE EXTREMO PARAPENTE EN LA LOCALIDAD DEL CANTÓN SAN FERNANDO”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de *Ingeniero de Sistemas*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, enero del 2021



---

Luis Armando Ramón Pasato

C.I. 0104741160

## CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA RED DE SISTEMAS EMBEBIDOS, INTEGRADOS EN UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTÓNOMA, ALOJADO EN UN CLOUD COMPUTING, PARA EL CASO DE ESTUDIO DEL DEPORTE EXTREMO PARAPENTE EN LA LOCALIDAD DEL CANTÓN SAN FERNANDO”**, realizado por Luis Armando Ramón Pasato, obteniendo el *Proyecto Técnico*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, enero del 2021



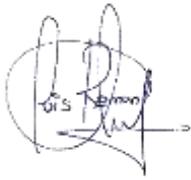
Pablo Leonidas Gallegos Segovia, PhD.

C.I. 0301534582

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Luis Armando Ramón Pasato con documento de identificación N° 0104741160, autor del trabajo de titulación: **“DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA RED DE SISTEMAS EMBEBIDOS, INTEGRADOS EN UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTÓNOMA, ALOJADO EN UN CLOUD COMPUTING, PARA EL CASO DE ESTUDIO DEL DEPORTE EXTREMO PARAPENTE EN LA LOCALIDAD DEL CANTÓN SAN FERNANDO”**, certifico que el total contenido del *Proyecto Técnico* es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, enero del 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Luis Armando Ramón Pasato', enclosed within a circular stamp or seal.

---

Luis Armando Ramón Pasato

C.I. 0104741160

## **DEDICATORIA**

A mis padres Rosa Pasato desde el cielo y José Ramón, las únicas personas que jamás dudaron de mí y han estado conmigo en todo momento ayudándome a superarme como persona y profesionalmente. Consecuente a mi familia por su apoyo incondicional y paciencia a lo largo del desarrollo del presente proyecto.

Luis Armando Ramón P.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la ilustre Universidad Politécnica Salesiana, a nuestros Docentes y compañeros, por todo el conocimiento y formación humana que nos han brindado a lo largo de la carrera universitaria.

Al grupo de investigación, Cloud Computing, Smart Cities High Performance Computing, a su coordinador, Ing. Gabriel León, por darme la oportunidad de formar parte de este prestigioso grupo y brindarme su apoyo de manera desinteresada.

Y de manera especial, a mi Director, Ing. Pablo Gallegos, por la ayuda y paciencia prestada, ya que con su conocimiento y experiencia me ha sabido guiar a lo largo del proceso de desarrollo del presente proyecto.

Luis Ramón

## CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	IX
<b>1. RESUMEN</b> .....	1
<b>2. ABSTRACT</b> .....	2
<b>3. INTRODUCCION</b> .....	3
<b>4. PROBLEMA</b> .....	4
4.1. ANTECEDENTES .....	4
4.2. IMPORTANCIA Y ALCANCES .....	4
4.3. DELIMITACIÓN .....	5
<b>5. OBJETIVOS</b> .....	5
5.1. GENERAL .....	5
5.2. ESPECÍFICOS .....	5
<b>6. MARCO TEÓRICO Y TECNOLOGÍAS UTILIZADAS</b> .....	6
6.1. Estación meteorológica .....	6
6.2. SBC Arduino Mega 2560 .....	6
6.3. Módulo GSM/GPRS SIM900 .....	6
6.4. Protocolo MQTT .....	6
6.5. IoT en Cloud Computing .....	6
6.6. Estación Meteorológica WS1080 .....	7
6.7. Cloud Computing .....	7
6.8. IoT para el deporte del Parapente .....	8
6.9. Meteorología .....	8
6.10. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología .....	8
6.11. Sistema Embebido .....	9
6.12. Servidor Virtual (VPS) .....	9
<b>7. MARCO METODOLÓGICO</b> .....	9
7.1. Arquitectura de la Infraestructura del prototipo .....	9
7.2. Etapas para el desarrollo de la Estación Meteorológica .....	10
7.2.1. Implementación del hardware para la estación meteorológica .....	10
7.2.2. Esquema para obtención de datos en los sensores .....	11
7.2.3. Servicios implementados en el servidor virtual .....	12
7.2.4. Envío de datos desde el Arduino hacia la nube .....	13
7.2.5. Estructura del Almacenamiento en la Base de Datos MYSQL .....	14
7.2.6. Almacenamiento de registros en la Base de Datos MYSQL .....	14
7.3. Auditoría de las conexiones a la Base de Datos MYSQL .....	15
7.3.1. Análisis de tráfico en la Base de Datos de Mysql .....	15
7.3.2. Recuperación del último valor de cada sensor en la DB Mysql .....	16

7.4.	Diagramas de lenguaje unificado de modelado (UML).....	17
7.4.1.	Diagrama de Clases .....	17
7.4.2.	Diagrama de Secuencia .....	18
7.4.3.	Diagrama de Casos de Uso de la plataforma web y móvil.....	18
7.5.	Implementación del servidor en la nube .....	19
7.5.1.	Bróker Mosquito en el servidor virtual Linux.....	19
7.6.	Conexión con la Red GPRS.....	20
7.7.	Análisis contable del proyecto .....	21
7.7.1.	Servicio de internet mediante la operadora CLARO.....	21
7.7.2.	Servicio de VPS (Virtual Private Server) en Cloud Google.....	22
7.8.	Desarrollo y funcionamiento de la aplicación móvil .....	22
7.8.1.	Registro y Acceso en la aplicación móvil .....	23
7.8.2.	Visualización de los valores recuperados por los sensores .....	23
<b>8.</b>	<b>ANÁLISIS Y RESULTADOS .....</b>	<b>25</b>
8.1.	Control de Usuarios en la plataforma web y móvil .....	25
8.2.	Control de visitas en la plataforma web.....	25
8.3.	Presentación de datos obtenidos .....	25
8.3.1.	Factores a ser considerados .....	26
8.4.	Implementación de prototipo en la zona de despegue .....	27
8.5.	Precisión de datos obtenidos por los sensores .....	27
8.5.1.	Sensor DTH11 .....	27
8.5.2.	Sensor Veleta.....	27
8.5.3.	Sensor Anemómetro .....	28
8.5.4.	Sensor Pluviómetro .....	28
8.6.	Datos de la Temperatura .....	28
8.7.	Humedad.....	31
8.8.	Velocidad del Viento .....	33
8.9.	Dirección del Viento.....	34
8.9.1.	Condicionantes para la dirección del viento.....	36
8.10.	Zonas de pruebas del prototipo .....	37
8.11.	Conocimiento empírico representado en Ciencia y Tecnología.....	38
<b>9.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>39</b>
<b>9.1.</b>	<b>Trabajos futuros .....</b>	<b>39</b>
<b>10.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>40</b>
<b>11.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>43</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Manga de tela para medir la Velocidad y Dirección de Viento .....	5
Figura 2: Diagrama de Bloques de IoT en Cloud Computing .....	6
Figura 3: Estación Meteorológica Modelo WS1080 [8] .....	7
Figura 4: Servicios del Servidor Virtual.....	9
Figura 5: Arquitectura del Proyecto .....	10
Figura 6: Etapas para el Desarrollo de la Estación Meteorológica.....	10
Figura 7: Prototipo de la Estación Meteorológica .....	11
Figura 8: Esquema de la obtención de datos en los sensores .....	12
Figura 9: Servicios instalados en el servidor .....	12
Figura 10: Puertos de los servicios del servidor .....	13
Figura 11: Código para la conexión y envío de datos al servidor .....	13
Figura 12: Consola del Arduino en el envío de datos hacia el Broker Mosquitto.....	14
Figura 13: Tabla Temperatura en la Base de Datos Mysql .....	14
Figura 14: Tamaño de almacenamiento de datos por sensor.....	15
Figura 15: Auditoría de conexiones a la Base de Datos Mysql.....	15
Figura 16: Tráfico de Datos en la Base de Datos Mysql.....	16
Figura 17: Sentencia SQL para recuperar el último registro .....	16
Figura 18: Gráfico de las funciones usadas en la Base de Datos Mysql .....	16
Figura 19: Tabla de valores numéricos de las sentencias sql de select e insert.....	17
Figura 20: Diagrama de Clases del prototipo .....	17
Figura 21: Diagrama de Secuencia del prototipo .....	18
Figura 22: Diagrama de Casos de Uso de la plataforma web.....	18
Figura 23: Diagrama de Casos de Uso de la plataforma móvil.....	19
Figura 24: Ip pública de Google Cloud .....	19
Figura 25: Servicio Mosquitto en el servidor Virtual de Google Cloud .....	20
Figura 26: Servicio Mosquitto en estado start (inicializado).....	20
Figura 27: Transmisión de datos en el bróker Mosquitto.....	20
Figura 28: Conectividad con la red GPRS.....	21
Figura 29: Conectividad con la red GPRS.....	21
Figura 30: Consumo de datos (Megabytes) en los sensores .....	22
Figura 31: Costo de suscripción mensual en Cloud Google.....	22
Figura 32: Web Service php en linux .....	23
Figura 33: Pasos para registro y acceso de Usuario .....	23
Figura 34: Datos de humedad, temperatura y velocidad de viento .....	24
Figura 35: Datos de lluvia, ráfaga y dirección de viento.....	24
Figura 36: Control del número de visitantes a la plataforma web.....	25
Figura 37: Dashboard de la estación meteorológica.....	26
Figura 38: Soporte metálico del prototipo .....	27
Figura 39: Arquitectura del sensor Veleta.....	28
Figura 40: Datos de temperatura de varios meses .....	29
Figura 41: Temperatura durante el día .....	30
Figura 42: Temperatura en la Plataforma Web .....	30
Figura 43: Humedad en varios meses.....	31
Figura 44: Humedad en un día determinado .....	32
Figura 45: Análisis de la Humedad en el parapente .....	32
Figura 46: Comportamiento de la Humedad en el parapente .....	33
Figura 47: Comportamiento de la Velocidad del viento por mes.....	33
Figura 48: Comportamiento de la Velocidad del viento diario .....	34
Figura 49: Comportamiento de la Velocidad del viento en el parapente .....	34

Figura 50: Orientación de Puntos Cardinales .....	35
Figura 51: Comportamiento de la Dirección del viento por meses .....	35
Figura 52: Comportamiento de la Dirección del viento diario .....	36
Figura 53: Dirección del viento .....	36
Figura 54: Zona de Despegue .....	37
Figura 55: Zona de Aterrizaje.....	37
Figura 56: Zonas de practica de Parapente .....	38
Figura 57: Conocimiento empírico representado en ciencia y tecnología .....	38

## **1. RESUMEN**

En el presente proyecto técnico se desarrolló el prototipo de un sistema embebido de Internet de las Cosas (IoT por sus siglas en inglés), el mismo que está compuesto por una placa Arduino, un conjunto de sensores WSN, la información captada por los sensores es transportada por el protocolo Transporte de Telemetría de cola de mensajes (MQTT por sus siglas en inglés) y almacenada en la nube de google, la base de datos seleccionada para el almacenamiento de la información es MYSQL y el medio de comunicación que permite la interconexión entre nuestro prototipo IoT y la nube es la red celular en estándar GSM/GPRS. Nuestro proyecto se enmarca en los conceptos de la ciudad inteligentes ya que el uso de la TICs habilitan obtener información en tiempo real para la toma de decisiones en nuestro caso de deportes extremos, nuestro prototipo consta de una interfaz web con el usuario para la interacción con el usuario, esta investigación es pionera en este campo en el Ecuador, ya que no existe evidencia de trabajos relacionados en este ámbito.

En la actualidad gracias a la segmentación y especialización de las tecnologías de la información se han generado nuevos análisis de tecnologías al borde de la red, siendo una de las más importantes FOG Computing, (Computación en niebla), Edge Computing y Móvil Computing. En donde se pretende implementar el prototipo de monitoreo y supervisión de los factores climáticos críticos para el desarrollo del deporte de parapente tales como la velocidad del viento, humedad relativa, cantidad de lluvia y la temperatura en la zona del Cerro San Pablo, cantón San Fernando provincia del Azuay.

Por lo antes señalado, con el desarrollo e implementación de una estación meteorológica se pretende solventar la mayoría de inconvenientes para las personas parapentistas que practican el deporte, se puede definir con mejor precisión el viento, en zonas de vuelo y zonas desconocidas, lo que conlleva al desarrollo y descubrimiento de nuevas zonas de vuelo, donde se puede estudiar y brindar acceso a sitios climáticos complejos inaccesibles.

Por lo tanto, los registros obtenidos como resultado del sistema de monitoreo, sirven para definir puntos específicos en zonas de vuelo con mayor seguridad para el despegue y aterrizaje de Parapente, donde se definirá la viabilidad de ejecutar un vuelo con la completa seguridad el deportista va a conservar la integridad con el apoyo de nuestro prototipo en el Cerro San Pablo perteneciente al cantón San Fernando provincia del Azuay lo que permite establecer tecnologías de transmisión y medición de variación del tiempo climático en tiempo real.

El propósito de esta tesis es implementar un IoT para demostrar la teoría de conocimiento empírico que de generación en generación ha sido usado por los parapentistas, mediante una plataforma web y móvil que sirve para obtener y mostrar datos al usuario final, los mismos que serán procesados mediante Machine Learning que ayudará a pronosticar en un futuro cercano.

## 2. ABSTRACT

In this technical project the prototype of an embedded Internet of Things (IoT) system was developed, which is composed of an Arduino board, a set of WSN sensors, the information captured by the sensors is Transported by the Message Queue Telemetry Transport (MQTT) protocol and stored in the Google Cloud, the database selected for storing the information is MYSQL and the communication medium that allows the interconnection between Our IoT and cloud prototype is the cellular network in the GSM / GPRS standard. Our project is part of the smart city concepts since the use of ICTs enables obtaining information in real time for decision-making in our case of extreme sports, our prototype consists of a web interface with the user for interaction with the user, this research is a pioneer in this field in Ecuador, since there is no evidence of related works in this field.

At present, thanks to the segmentation and specialization of information technologies, new analyzes of technologies have been generated at the edge of the network, one of the most important being FOG Computing, (Computing in fog), Edge Computing and Mobile Computing. Where it is intended to implement the prototype of monitoring and supervision of critical climatic factors for the development of the sport of paragliding such as wind speed, relative humidity, amount of rain and temperature in the area of Cerro San Pablo, San Fernando canton Azuay province.

For the aforementioned, with the development and implementation of a meteorological station it is intended to solve most of the inconveniences for paragliders who practice the sport, the wind can be defined with better precision, in flight areas and unknown areas, which entails to the development and discovery of new flight zones, where inaccessible complex climatic sites can be studied and provided access.

Therefore, the records obtained as a result of the monitoring system, serve to define specific points in flight areas with greater safety for the takeoff and landing of Paragliding, where the route of executing a flight with complete safety will be defined. to preserve integrity with the support of our prototype in hill San Pablo, belonging to the San Fernando canton, Azuay province, which allows us to establish transmission technologies and measurement of climatic weather variation in real time.

The purpose of this thesis is to implement an IoT to demonstrate the theory of empirical knowledge that from generation to generation has been used by paragliders, through a web and mobile platform that serves to obtain and display data to the end user, which will be processed using Machine Learning that will help forecast in the near future.

### 3. INTRODUCCION

En los actuales momentos el Internet de las Cosas (IoT por sus siglas en inglés) se ha convertido en una de las tecnologías disruptivas más utilizadas y con mayor auge a nivel mundial, esta tecnología abre nuevos campos de análisis en los cuales permite la captación de información a través de una red de sensores y actuadores, estos dispositivos e información que permite ser almacenada de forma local o en la nube, nos ayuda a tomar decisiones sobre situaciones críticas. En el Ecuador existe una serie de necesidades para los deportistas, estas necesidades van a la par de una toma de decisiones, ya que en muchos de estos deportes conocidos como extremos se requiere información en tiempo real que le permitan al parapentista realizar vuelos en condiciones favorables.

Ecuador está dividido en 4 regiones; Costa, Sierra, Oriente y Galápagos, siendo la región de la Sierra en donde la práctica del deporte del parapente es mucho más riesgosa debido a que se encuentra en la cordillera de los Andes, existen factores como son; humedad del sitio de despegue, temperatura del sitio de despegue, velocidad y dirección del viento en el sitio de despegue y cantidad de lluvia en el mismo, en donde la meteorología tiende a cambiar en periodos de tiempos muy cortos, es decir es impredecible y se requiere tener información en tiempo real, lo que no ocurre en la región Costa, ya que los factores climáticos que se requieren para el vuelo en parapente dependen de la altura sobre el nivel del mar, lo que no generan tanto riesgo al practicar el deporte extremo debido a que carecen de zonas altas y favorece el clima tropical.

Nuestro proyecto tiene como finalidad el desarrollo de un prototipo de una estación meteorológica, cuya finalidad es la de captar información, y tabular dicha información y generar reportes que nos permitan tomar una decisión sobre efectuar o no un vuelo en parapente, en la actualidad existen empresas públicas y privadas como el INAMHI, ETAPA entre otras, que han sido creadas con otros fines como: monitoreo de ríos, páramos, zonas de protección de fauna y flora, fuentes hídricas, hidroeléctricas (Paute, San Francisco) etc., donde no comparten la información ni tampoco contribuyen para nuestra necesidad, además que aquellas estaciones meteorológicas fueron importadas y desarrolladas por proveedores externos del País, donde no está disponible el código fuente.

El prototipo desarrollado cuenta con 4 capas, la capa de red de Sensores y Actuadores nos permiten captar información sobre porcentaje de Humedad (g/m<sup>3</sup>), temperatura (Celsius, Fahrenheit), cantidad de lluvia (mm), velocidad de viento (km/h), dirección del viento (Norte, Sur, Este, Oeste) en el sitio de despegue de Parapente, donde se convierten señales analógicas a digitales para poder transmitir mediante redes de transmisión: GSM/GPRS. La capa de Comunicación y Transporte está presente en la placa Arduino, en la misma, conectamos todos los dispositivos sensores para el sistema de comunicación GSM/GPRS y el otro un protocolo cliente de comunicación MQTT.

La Capa de Cloud Computing consta de un sistema de almacenamiento que se encuentra alojado en la nube pública de Google a través de una Infraestructura como Servicio (IaaS por sus siglas en inglés), en esta infraestructura desplegamos el Sistema Operativo Linux y dentro de esta la Base de Datos relacional MYSQL, donde tenemos diferentes componentes que están conformados por el bróker y el server MQTT, toda la información va a ser transmitida en periodo de un minuto, dentro de esta base de datos nosotros procesamos esos datos y generamos reportes en tiempo real los mismos que están alojados

en una plataforma web y una aplicación móvil con información gráfica e interactiva 24/7, que tiene la siguiente dirección [www.parapenteazuay.com](http://www.parapenteazuay.com), donde es considerada como la capa de Presentación

Este proyecto tiene el diseño de crear una herramienta de toma de decisiones para el parapentista sobre efectuar o no el despegue y aterrizaje del vuelo en Parapente en el cantón San Fernando, provincia del Azuay, ya que si no se cuentan con las condiciones adecuadas mediante los factores climáticos, el parapentista podría sufrir un accidente inclusive la muerte, además que luego este prototipo puede ser implementado en cualquier otro sitio que se requiera, es decir sirve para descubrir nuevas zonas de vuelo en parapente dentro de la provincia y resto del país, además permite: pronosticar climas, optimizar el tiempo y reducir costos.

## **4. PROBLEMA**

### **4.1. ANTECEDENTES**

En el Ecuador con la finalidad de disponer de datos precisos para el discernimiento del tiempo atmosférico y la situación climática, se pretende administrar una red de estaciones meteorológicas, que sea suficientemente representativa para el país, cuya distribución satisfaga la demanda de los usuarios. [1]

Las estaciones meteorológicas están en auge de crecimiento para el sector público y privado, en ciertas empresas como las hidroeléctricas, cuya finalidad es vigilar, avisar y alertar los eventos hidrometeorológicos adversos y extremos del comportamiento de la atmósfera, para ayudar a la sociedad a tomar directrices objetivas y específicas. Así también la INAMHI que se encarga de: administrar, controlar y monitorear la meteorología, cuyos datos están disponibles en plataformas web y son de uso de determinados lugares específicos.

Dentro del territorio nacional no existen estaciones meteorológicas dedicadas para el deporte extremo Parapente, solamente existen lugares de práctica de vuelo por conocimiento empírico que ha sido transmitido de generación en generación por las personas que practican el vuelo

### **4.2. IMPORTANCIA Y ALCANCES**

La población que gusta de este deporte tiene la necesidad de mejorar sus ingresos económicos y adquirir mayor experiencia, sin embargo, se enfrentan a situaciones fuera de sus manos como: la falta de tiempo, el horario de trabajo, la distancia geográfica, entre otras. A pesar que las tecnologías de la información y comunicación (TICS) ayudan a través del Internet y aplicaciones móviles, no es suficiente satisfacer las expectativas.

La mayoría de las estaciones meteorológicas comerciales no siempre son las más adecuadas, ya que no son ajustables a los parámetros requeridos por la investigación. [2]

El conocimiento empírico será demostrado mediante tecnología actual amigable y portátil, de acuerdo a la siguiente imagen que representa la medición de la velocidad del viento de acuerdo al ángulo de elevación de la manga soportada por un eje vertical y dirección del viento mediante el giro de alrededor del mismo eje.

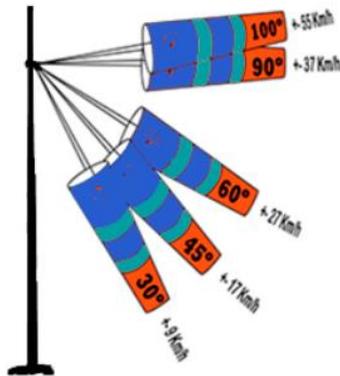


Figura 1: Manga de tela para medir la Velocidad y Dirección de Viento

#### 4.3. DELIMITACIÓN

El presente proyecto es el desarrollo es una estación meteorológica para la práctica del deporte extremo Parapente con la finalidad de obtener datos de la zona de despegue, en la ubicación del Cerro San Pablo del cantón San Fernando, provincia del Azuay, estos datos son almacenados en un servidor en Cloud Computing y mostrados al usuario mediante una plataforma web y una aplicación móvil; como resultado se optimiza gastos, costos, tiempo, mejora la seguridad y mejora la toma de decisiones al momento de efectuar la práctica del deporte en Parapente, en tanto se beneficiará a los parapentistas y la comunidad Universitaria que realicen investigación sobre WSN, Cloud Computing, Fog Computing y factores climáticos.

### 5. OBJETIVOS

#### 5.1. GENERAL

Desarrollar un prototipo de estación meteorológica automatizada y autónoma, desplegado en un entorno web y móvil, mediante IoT, alojado en un Cloud Computing, con la finalidad de obtener información de temperatura, velocidad de viento, dirección de viento, humedad y lluvia, para la pista de despegue y aterrizaje del cantón San Fernando, provincia del Azuay.

#### 5.2. ESPECÍFICOS

- Desarrollar un algoritmo en Arduino de medición de la velocidad de viento, dirección del viento, humedad, temperatura y cantidad de agua caída.
- Implementar protocolos de comunicación MQTT, GSM y GPRS.
- Desplegar una base de datos que recopile los datos obtenidos de los sensores.
- Desarrollar un entorno web y una aplicación móvil para visualizar los datos obtenidos.
- Dar acceso de información obtenida a usuarios.

## 6. MARCO TEÓRICO Y TECNOLOGÍAS UTILIZADAS

### 6.1. Estación meteorológica

Una Estación meteorológica se describe como un instrumento o dispositivo de instalación que proporciona información de la temperatura del ambiente, humedad, intensidad luz, lluvia y viento con algún uso específico. [3]

### 6.2. SBC Arduino Mega 2560

Computadora de Placa única (SBC por sus siglas en inglés) es una placa electrónica multiuso, utilizada en ingeniería y programación de código abierto que maneja un conjunto de instrucciones, además multi plataforma para los diversos sistemas operativos (Windows, Linux y MAC), cuya finalidad es crear dispositivos, sensores, prototipos innovadores, interactivos desde la gama de juguetes hasta macro proyectos con el fin de satisfacer determinado problema. [4]

### 6.3. Módulo GSM/GPRS SIM900

Un módulo GSM/GPRS es una placa electrónica que tiene una tarjeta SIM de algún operador móvil, en la cual se comunica el dispositivo similar a un teléfono móvil. Esta tarjeta basada en el módulo SIM900 nos permite enviar, recibir llamadas y enviar SMS (mensajes), además permite conectividad a internet para el envío y recepción de datos. [5]

### 6.4. Protocolo MQTT

El protocolo MQTT es una tecnología que usa mensajes para la comunicación entre máquina a máquina, lo cual sirve para interconectar dispositivos mediante conceptos de publicación de mensajes y suscripción de mensajes, esta tecnología se puede alojar en un servidor MQTT Linux o Windows, considerado como bróker Mosquitto de código libre, disponible para diferentes plataformas [6] [7]

### 6.5. IoT en Cloud Computing

Es una tecnología de agrupación o conjunto de dispositivos que pueden usar una interconexión mediante protocolos MQTT, GSM y GPRS entre otros, estos protocolos participarán a nivel de capas de aplicación, mediante peticiones o envío de datos, donde se administra la capacidad, por tanto ahorro de memoria, CPU y RAM en el SBC. [2]

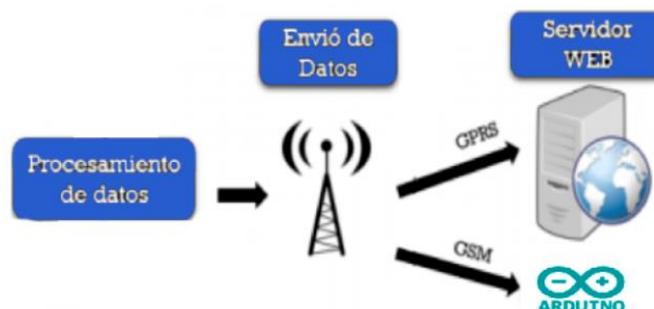


Figura 2: Diagrama de Bloques de IoT en Cloud Computing



## 6.8. IoT para el deporte del Parapente

El internet de las cosas apareció en el año 1999, y se empezó a usar más el término en el 2004 en una publicación en Scientific American, por la que las TICs contempla tecnologías que utilizan el internet para vincular varios equipos físicos, que tienen el objetivo para la creación y gestión de redes, gestión de la computación y gestión del servicio de aprovisionamiento, gestión de dispositivos e información donde ayudan a ahorrar tiempo, recursos, mejorar la toma de decisiones y resultados en varias áreas de aplicación. [10][11][12]

El parapente es un ala no rígida derivada de los paracaídas deportivos de copa cuadrada que están disponibles en el mercado, los cuales son seguros y accesibles para la práctica desde zonas altas como montañas sin la necesidad de saltar de un avión, es decir volar en planeo en pendientes inclinadas.[13]

Sin duda existen actualmente dispositivos para medir dirección y velocidad del viento de uso singular que no están conectados a una red de datos y sirven para uso personal de manera mecánica manual; se encuentra el variómetro como uso en el vuelo de parapente, en efecto se conecta vía GPS, en la que indica muestra de los registros de vuelo; velocidad y dirección de viento, altímetro, ubicación etc., donde se descarga los registros de una plataforma privada del dispositivo como es FLYMASTER LIVE.

## 6.9. Meteorología

Según (Saez) la meteorología es la ciencia que estudia la atmósfera, comprende el estudio del tiempo y el clima. Se ocupa del estudio físico, dinámico y químico de la atmósfera terrestre. El nombre procede del griego: meteoros que significa alto o elevado y logos tratado. [14] [15]

El Clima es el conjunto de valores normales para una determinada región. Es decir, el promedio a lo largo de muchísimos años, de temperatura, humedad, presión atmosférica, precipitación, etc. [13]

En cambio, Tiempo (estado del tiempo) se refiere a las condiciones de temperatura, humedad, presión, etc. Reinantes en un momento determinado. Estos valores suelen diferir de los normales. El pronóstico que se difunde se refiere a los cambios del tiempo y no del clima. Un cambio climático sería, por ejemplo, una glaciación. [13]

Cada piloto debe ser capaz de reconocer nubes básicas y su clima asociado, del mismo modo como obtener el pronóstico, medir el viento en el sitio, y saber las condiciones de deterioro. [16]

## 6.10. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Es el servicio meteorológico e hidrológico Nacional del Ecuador conocido como (INAMHI) que tiene la función de suministrar información sobre el tiempo, el clima y recursos hídricos del pasado presente y futuro, lo cual contribuye al desarrollo económico y social del país.[15]

### 6.11. Sistema Embebido

Un sistema embebido es un sistema electrónico digital diseñado específicamente para una determinada tarea, normalmente en aplicaciones de control y monitorización. Los sistemas embebidos cumplen con estrictos requerimientos de costo, tamaño, consumo y prestaciones que lo hacen apto para ser utilizado en un entorno específico. [17] [18]

### 6.12. Servidor Virtual (VPS)

Es una partición virtual dentro de un servidor físico que posee recursos (hardware y software) asignados que otorgan acceso a raíz, que nos permitirá un sistema operativo (S.O.), el mismo que utiliza tecnología de virtualización para recursos privados a usuarios. [19]

Además a este servidor virtual se puede acceder remotamente donde los costos iniciales de hardware son escalables, efectivamente se pueden agregar más memoria RAM o núcleos de procesador, sin duda la gran ventaja que tienen estos VPS es la seguridad y el control debido a la gestión de copias de seguridad. [19]

## 7. MARCO METODOLÓGICO

### 7.1. Arquitectura de la Infraestructura del prototipo

En este capítulo se define el esquema de la infraestructura para el prototipo, el mismo que está compuesto por: dispositivos, sensores, protocolos y tecnologías para implementar la estación meteorológica, que permitirá la obtención de datos, análisis e interpretación de las personas que practican el deporte del Parapente, las tecnologías y equipos que se usarán son:

- Arduino Mega, Shield SIM900 y los sensores; veleta, anemómetro, pluviómetro, DTH11 (temperatura y humedad), que obtendrá información del clima y será visualizado por el usuario final.
- Medio de Transmisión: Wifi o plan de datos para aplicación móvil, acceso web y GSM/GPRS para la red de sensores conectados a la nube mediante protocolo MQTT.
- Servidor Virtual con IP pública alojado en Cloud Computing con servicios; bróker Mosquitto, Apache web, Base de datos Mysql.



Figura 4: Servicios del Servidor Virtual

Después de listar las tecnologías y equipos que se utilizarán se desarrolla y especifica la arquitectura del proyecto, que conformarán los mismos para el correcto funcionamiento del prototipo.

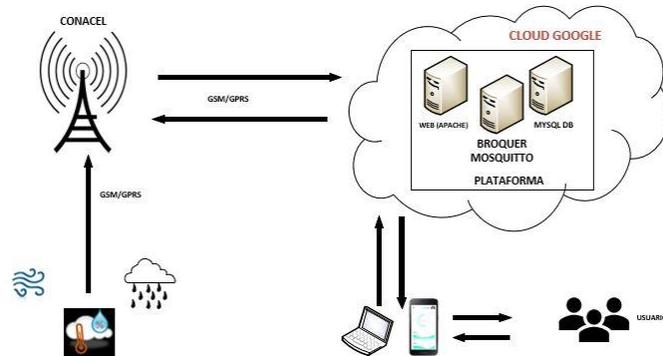


Figura 5: Arquitectura del Proyecto

## 7.2. Etapas para el desarrollo de la Estación Meteorológica

Para el desarrollo e implementación se establece etapas distribuidas en tareas y prioridades para crear la estación meteorológica, entre las cuales están los componentes para el equipo de hardware: Arduino Mega, Shield SIM900, sensores (WS1080, DTH11) y lenguajes de programación: Python, Php, Linux, SQL, C++ (Arduino), Java, HTML, representado de la siguiente manera:



Figura 6: Etapas para el Desarrollo de la Estación Meteorológica

### 7.2.1. Implementación del hardware para la estación meteorológica

Inicialmente se procede a conectar y unificar los dispositivos, el Shield SIM900 se conecta con jumpers al Arduino Mega mediante comunicación hardware serial, ahora bien los sensores; DHT11 irá conectado directo al Arduino Mega al igual que los pines del cableado del pluviómetro, anemómetro y veleta.

Posteriormente el sensor DHT11 obtiene información de humedad y temperatura, mientras el pluviómetro de la cantidad de agua, veleta la dirección que tiene el viento y anemómetro la velocidad del viento, de tal manera quedará de acuerdo a la siguiente imagen:

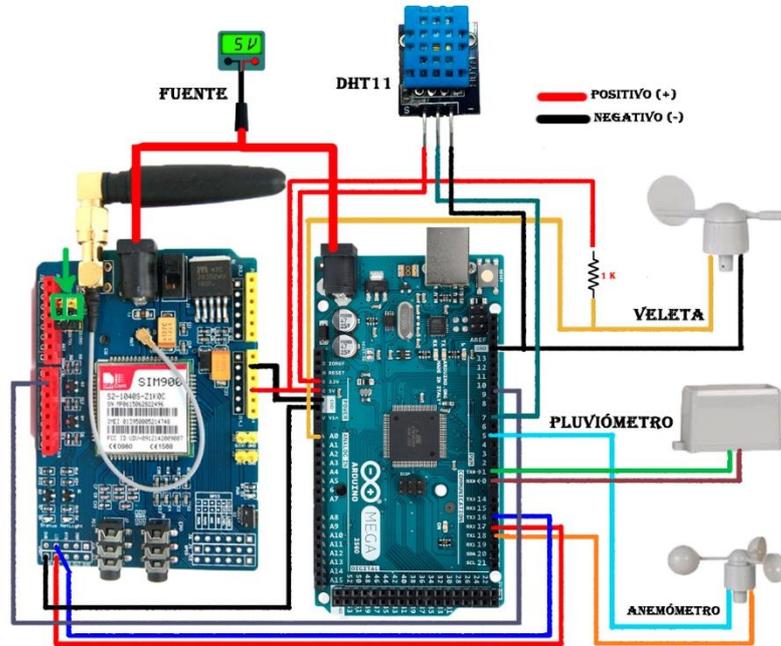


Figura 7: Prototipo de la Estación Meteorológica

### 7.2.2. Esquema para obtención de datos en los sensores

En esta etapa se desarrolla el software para el prototipo, en donde se desarrollará en código Arduino (C++) que obtendrá la información de los sensores, del mismo modo se conectara al servidor en la nube, este servidor estará instalado y configurado con el bróker Mosquitto.

Los sensores reciben valores climáticos representados en señales analógicas que luego son transformadas en señales digitales, las mismas que son reconocidas por la placa Shield SIM900 y el Arduino Mega, para el desarrollo del código en Arduino se hace uso de librerías MQTT y propias del WS1080, entre las cuales son; Wire, time, SDLWeather80422, GSMSIM900.

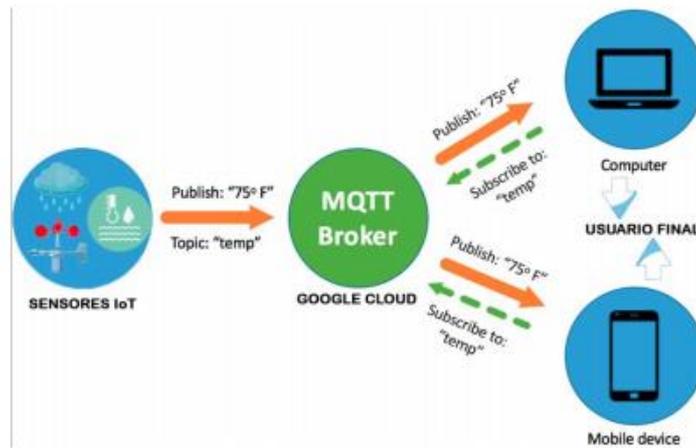


Figura 8: Esquema de la obtención de datos en los sensores

Mediante el protocolo MQTT (Message Queing Telemetry Transport) del bróker Mosquitto en el servidor de la nube y la configuración con lenguaje de programación PYTHON se administra los datos, en efecto se conecta el WSN (Wireless sensor Networks por su siglas en inglés) al bróker Mosquitto con IP del servidor en la nube, además con el mismo código desarrollado en Python se captura y almacena los datos directamente en el servidor de la base de datos MYSQL.

### 7.2.3. Servicios implementados en el servidor virtual

Los servicios instalados y configurados en el servidor virtual son una herramienta imprescindible para el desarrollo del proyecto donde cada servicio tiene un función específica; el servicio web muestra la plataforma web, el servicio Mosquitto conecta, recupera y guarda datos en DB Mysql y el servicio Mysql DB ayuda como repositorio para los datos guardados y disponibilidad de 24/7 para cualquier mantenimiento.

- Servicio web (apache2) Página web
- Broker Mosquitto (MQTT).
- Base de datos MYSQL con administrador phpmyadmin

```

Proto Recv-Q Send-Q Local Address           Foreign Address         State       PID/Program name
tcp        0      0 0.0.0.0:1883           0.0.0.0:*               LISTEN     1046/mosquitto
tcp        0      0 localhost:mysql       0.0.0.0:*               LISTEN     1327/mysqld
tcp        0      0 localhost:domain     0.0.0.0:*               LISTEN     798/systemd-resolve
tcp        0      0 0.0.0.0:ssh          0.0.0.0:*               LISTEN     1301/sshd
tcp6       0      0 [::]:https           [::]:*                 LISTEN     1319/apache2
tcp6       0      0 [::]:1883            [::]:*                 LISTEN     1046/mosquitto
tcp6       0      0 [::]:http             [::]:*                 LISTEN     1319/apache2
tcp6       0      0 [::]:ssh              [::]:*                 LISTEN     1301/sshd
udp        0      0 localhost:domain     0.0.0.0:*               LISTEN     798/systemd-resolve
udp        0      0 parapenteazuay.c:bootpc 0.0.0.0:*              LISTEN     770/systemd-network
udp        0      0 localhost:323        0.0.0.0:*               LISTEN     983/chronyd
udp6       0      0 ip6-localhost:323   [::]:*                 LISTEN     983/chronyd
root@parapenteazuay:~/home/luisramon1019#

```

Figura 9: Servicios instalados en el servidor

```

root@parapenteazuay:/home/luisramon1019# netstat -lntu
Active Internet connections (only servers)
Proto Recv-Q Send-Q Local Address           Foreign Address         State
tcp      0      0 0.0.0.0:1883            0.0.0.0:*               LISTEN
tcp      0      0 127.0.0.1:3306          0.0.0.0:*               LISTEN
tcp      0      0 127.0.0.53:53          0.0.0.0:*               LISTEN
tcp      0      0 0.0.0.0:22             0.0.0.0:*               LISTEN
tcp6     0      0 :::443                 :::*                    LISTEN
tcp6     0      0 :::1883                 :::*                    LISTEN
tcp6     0      0 :::80                   :::*                    LISTEN
tcp6     0      0 :::22                   :::*                    LISTEN
udp      0      0 127.0.0.53:53          0.0.0.0:*               *
udp      0      0 10.142.0.3:68          0.0.0.0:*               *
udp      0      0 127.0.0.1:323          0.0.0.0:*               *
udp6     0      0 :::1:323                :::*                    *

```

Figura 10: Puertos de los servicios del servidor

#### 7.2.4. Envío de datos desde el Arduino hacia la nube

El envío de datos desde el Arduino se puede implementar mediante el código C++ donde se especifica, la ip del servidor bróker Mosquitto, puerto del servicio de Mosquitto y las credenciales del mismo para el acceso hacia el topic de subscripción, con los mensajes a publicar desde el nodo Arduino serán una publicación de los valores obtenidos en los sensores de humedad relativa, temperatura, velocidad y dirección del viento y cantidad de lluvia en el sitio de despegue, encapsulados en un bloque de mensaje que viaja mediante señales digitales por medio del servicio GSM/GPRS, en el código Arduino se verifica que el hardware este en estado OK.

Luego este procede a encontrar la señal de la operadora en nuestro caso CLARO, consiguientemente procede a conectarse al servidor Mosquitto y finalmente luego de verificar conexión con mensajes de tipo connect, request y reply se hace el envío de datos hacia el bróker Mosquitto.

```

const char apn[] = "CMNET";
const char user[] = "";
const char pass[] = "";

const char* broker = "10x.xxx.xxx.36";
const char* topicInit = "SENSOR";
const char* topicInitVelocidad = "VELOCIDAD";
const char* topicInitVelocidadRafaga = "VELOCIDADRAFAGA";
const char* topicInitDireccion = "DIRECCION";
const char* topicInitLluvia = "LLUVIA";
const char* topicInitTemperatura = "TEMPERATURA";
const char* topicInitHumedad = "HUMEDAD";

mqtt.setServer(broker, 1883);
mqtt.setCallback(mqttCallback);

Serial.print("Humedad: ");
Serial.println(humString);
mqtt.publish(topicInitHumedad, humString);

```

Figura 11: Código para la conexión y envío de datos al servidor

Mediante Consolé del IDE Arduino se puede verificar la conexión y envío de datos desde el Arduino al servidor en la nube, el código está desarrollado para cumplir ciertas funciones, donde se verifica que se conecte a la Base Station de la operadora CLARO luego se verifica las credenciales de conexión al servidor para el envío los datos al servidor mediante uso de librerías del protocolo MQTT.

```

Initializing modem...
Modem: SIM900 R11.0
Waiting for network... OK
Connecting to CMNET OK
-----
=== MQTT CONNECTED ===
Connecting to 104.196.151.36 OK
-----
Temperature: 21.00
Humedad: 25.00
velocidad: 0.00
lluvia: 0.00
direccion: 0.00
velocidad Rafaga: 0.00

```

Figura 12: Consola del Arduino en el envío de datos hacia el Bróker Mosquitto

### 7.2.5. Estructura del Almacenamiento en la Base de Datos MYSQL

Mediante el administrador phpMyAdmin de Database MYSQL se gestiona el almacenamiento de los datos, en donde se crea las tablas para cada sensor, los mismos que son almacenados cada minuto, enviados por parte del Arduino (WSN) en intervalos de 1 minuto, el DML (lenguaje de manipulación de datos por sus siglas en inglés) de la tabla temperatura es el siguiente:

```

CREATE TABLE temperatura (
id int4 NULL,
fecha timestamp NULL,
topico varchar(80) NULL,
valor varchar(200) NULL,
CONSTRAINT tmpuk UNIQUE (id));

```



temperatura	
123	id
	fecha
ABC	topico
ABC	valor

Figura 13: Tabla Temperatura en la Base de Datos Mysql

La tabla describe un identificador representado por una columna id de formato numérico y primary key, una columna fecha tanto el día y la hora en segundos en formato timestamp, una columna topic que es el tema de suscripción del sensor en formato string y una columna valor que representa la temperatura obtenida en Grados Centígrados en formato string, además el resto de sensores tienen la mismo DML, estructura y formato donde cambia solamente el nombre de la tabla por: humedad, velocidad de viento, lluvia y dirección de viento.

### 7.2.6. Almacenamiento de registros en la Base de Datos MYSQL

El tamaño de almacenamiento de cada tabla en la base de datos de Mysql está representado en Megabytes (MB), donde cada tabla representa a un sensor con un valor promedio de 7 MB de almacenamiento, el tamaño de almacenamiento va a depender de las veces que use la función insert en cada tabla, estos registros tienen un promedio de almacenamiento de 10 meses, 24/7 sin interrupción. Además en un futuro o largo plazo los datos irán creciendo en el tamaño para lo cual ya dependerá del tamaño del disco duro del servidor.

Tabla	Acción	Filas	Tipo	Cotejamiento	Tamaño
direccion	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	147,481	InnoDB	latin1_swedish_ci	6.5 MB
humedad	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	150,293	InnoDB	latin1_swedish_ci	6.5 MB
ip	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	0	InnoDB	latin1_swedish_ci	16 KB
lluvia	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	169,776	InnoDB	latin1_swedish_ci	6.5 MB
makers	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	8	InnoDB	latin1_swedish_ci	16 KB
mqtt	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	424	InnoDB	latin1_swedish_ci	48 KB
temperatura	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	149,782	InnoDB	latin1_swedish_ci	6.5 MB
test	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	2	InnoDB	latin1_swedish_ci	16 KB
velocidad	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	149,206	InnoDB	latin1_swedish_ci	6.5 MB
velocidadtrafaga	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	186,654	InnoDB	latin1_swedish_ci	9.5 MB
<b>10 tablas</b>	<b>Número de filas</b>	<b>953,548</b>	<b>InnoDB</b>	<b>latin1_swedish_ci</b>	<b>42.2 MB</b>

Figura 14: Tamaño de almacenamiento de datos por sensor

### 7.3. Auditoría de las conexiones a la Base de Datos MYSQL

Las conexiones del nodo sensor (WSN) hacia la base de datos Mysql del servidor localizado en la nube, registra información de los intentos satisfactorios y fallidos debido a malas conexiones o ataques inminentes de terceros.

Cada conexión se le asocia con una instancia de acceso al servidor, Mysql administra su propia auditoría de conexiones, del mismo modo que también se puede tener concurrencias de conexiones, en este caso tiene un registro de 7 conexiones concurrentes al mismo tiempo que se hizo para observar y verificar el rendimiento de las instancias de conexión, lo cual no tuvo caída la base de datos MYSQL.

Conexiones	#	o por hora	%
<b>Máximas conexiones concurrentes</b>	7	---	---
<b>Intentos fallidos</b>	850	5.32	0.39%
<b>Abortado</b>	0	0	0%
<b>Total</b>	219 k	1,368.43	100.00%

Figura 15: Auditoría de conexiones a la Base de Datos Mysql

#### 7.3.1. Análisis de tráfico en la Base de Datos de Mysql

El tráfico de datos en la red del servidor virtual está representado con tráfico recibido en el envío de datos desde los sensores hacia el servidor, donde esta medido por MB (mega bytes), al igual que el tráfico enviado es justificado cuando se consulta a la Base de datos para visualizar en la plataforma web y móvil.

Tráfico	#	Ø por hora
Recibido	46.4 MB	296.9 KB
Enviado	75.5 MB	483.2 KB
<b>Total</b>	<b>121.8 MB</b>	<b>780.1 KB</b>

Figura 16: Tráfico de Datos en la Base de Datos Mysql

### 7.3.2. Recuperación del último valor de cada sensor en la DB Mysql

Esta parte se representa por el esquema y sentencia SQL que consulta en la Base de Datos Mysql, donde el último dato de la tabla de cada sensor o registro se recupera mediante código php que tiene internamente el DML ordenado y recuperado el último registro del SELECT para el servidor web, por lo cual se observa en el gráfico estadístico el alto uso de la sentencia SQL “SELECT” de los datos.

```
// Query sent to database
$result = mysqli_query($conn, "SELECT valor FROM direccion WHERE topico='DIRECCION' ORDER BY id DESC LIMIT 0,1");
```

Figura 17: Sentencia SQL para recuperar el último registro

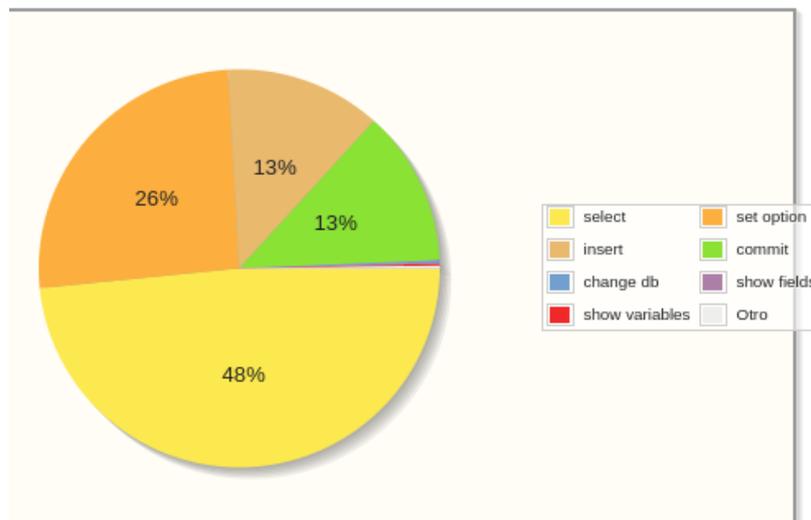


Figura 18: Gráfico de las funciones usadas en la Base de Datos Mysql

Sentencias	#	a por hora	%
select	175 k	1,094.1	48.41
set option	92,898	588.8	25.78
insert	45,614	285.2	12.62
commit	45,684	285.1	12.61
change db	629	3.9	0.17
show fields	537	3.4	0.15
show variables	413	2.6	0.11
show keys	389	2.4	0.11
show tables	151	0.9	0.04
show create table	113	0.7	0.03
show master status	31	0.2	0.01
show slave status	31	0.2	0.01
show status	18	0.1	<0.01
replace	17	0.1	<0.01

Figura 19: Tabla de valores numéricos de las sentencias SQL de select e INSERT

#### 7.4. Diagramas de lenguaje unificado de modelado (UML)

Los diagramas UML ayudan a tener una visión general más clara del desarrollo del proyecto, del problema y la solución del mismo, al mismo tiempo describe paso a paso por donde esta: encaminada la información para facilitar al usuario final datos reales, la dependencia entre la construcción de sensores, configuración de sistemas e implementación de programación de código para la comunicación entre dispositivos para así desarrollar y obtener el proyecto de forma ordenada.

##### 7.4.1. Diagrama de Clases

En este diagrama describe los objetos a utilizar para la creación y desarrollo del prototipo de la estación meteorológica, los mismos que son representados mediante: la humedad, viento, temperatura, lluvia y usuario final. Además los objetos tendrán definidos relaciones de dependencia por los atributos y funciones de cada objeto.

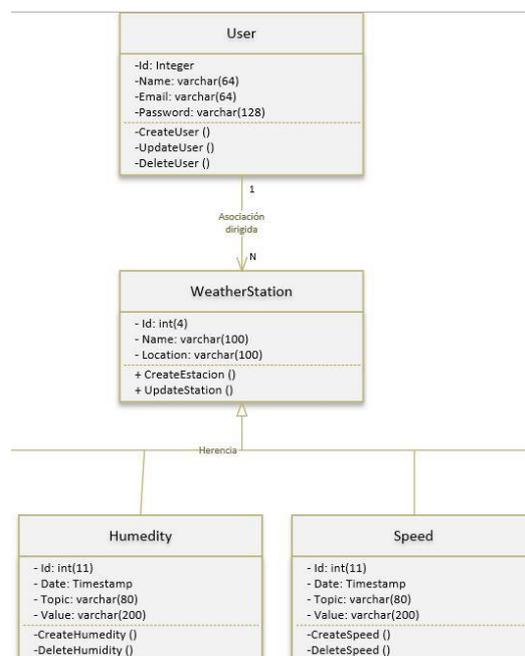


Figura 20: Diagrama de Clases del prototipo

### 7.4.2. Diagrama de Secuencia

En este diagrama se observa cómo interactúan los objetos que representan información estática entre sí, esta interacción es mecánica en base a tiempos. Dentro del diagrama están los cuadros de activación que representan el tiempo que necesita el objeto para completar determinada tarea con el objetivo de obtener el registro del clima en tiempo real, así mismo el rol de clase describe el comportamiento del objeto en contexto en este caso serían los sensores de: humedad, temperatura, dirección, viento y lluvia.

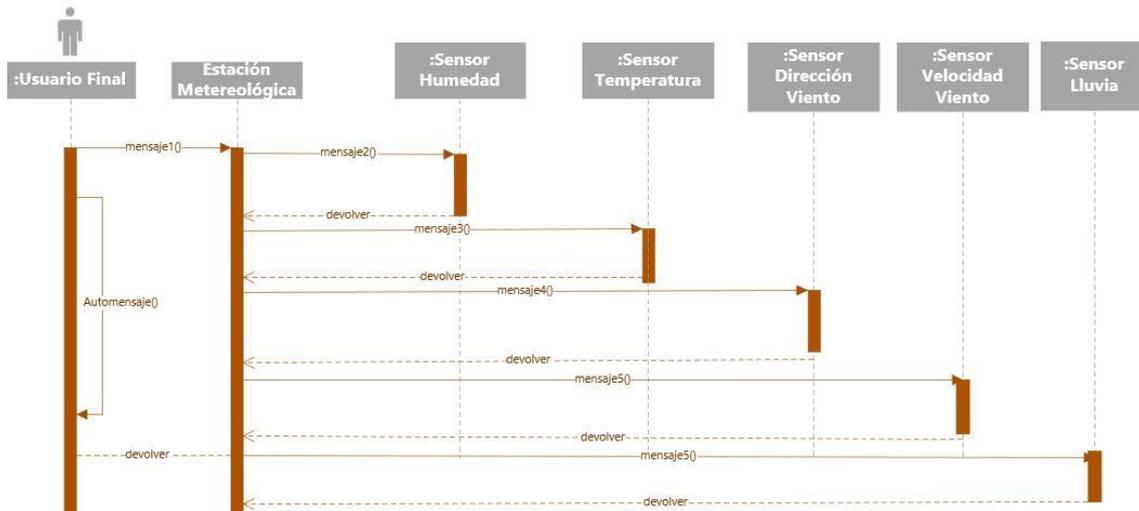


Figura 21: Diagrama de Secuencia del prototipo

### 7.4.3. Diagrama de Casos de Uso de la plataforma web y móvil

En este diagrama se observa la descripción de los servicios o funciones que ejecuta el usuario final mientras realiza acciones del sistema o prototipo, además emplea actores y casos de uso que se representa mediante etiquetas con óvalos. En las siguientes figuras se indica la interacción del usuario final con la plataforma web y plataforma móvil donde se visualiza datos de los sensores.

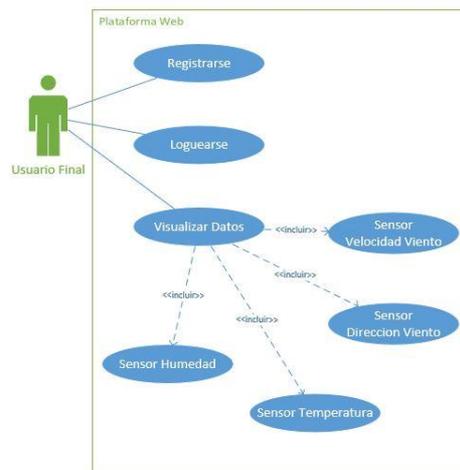


Figura 22: Diagrama de Casos de Uso de la plataforma web

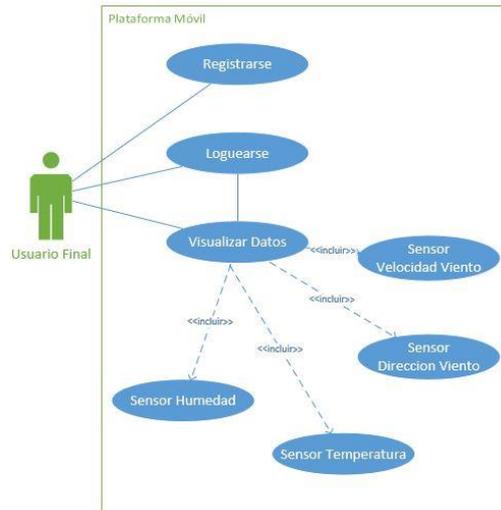


Figura 23: Diagrama de Casos de Uso de la plataforma móvil

### 7.5. Implementación del servidor en la nube

Para el desarrollo del proyecto se adquirió una suscripción de Infraestructura como servicio (IaaS) para tener una máquina virtual en Google Cloud, este servicio de infraestructura tiene tiempo de prueba, luego de finalizar el mismo tendrá un costo mensual de acuerdo al uso de memoria RAM, almacenamiento y CPU. Para el funcionamiento del servidor virtual en Google Cloud este asigna una IP pública, que es la siguiente 104.xxx.xxx.36, la misma que está disponible en internet, dependiendo de las reglas de fuego que se configure tanto para ingreso como salida de servicios instalados en el servidor virtual, además se le configura el dominio (<http://www.parapenteazuay.com>).

Nombre	Zona	Recomendación	Usada por	IP interna	IP externa
<input checked="" type="checkbox"/> ubuntu	us-east1-b			10.142.0.3 (nic0)	104.196.151.36
<input type="checkbox"/> windowserver	us-east1-b			10.142.0.4 (nic0)	Ninguna

Figura 24: Ip pública de Google Cloud

#### 7.5.1. Bróker Mosquitto en el servidor virtual Linux

Para esta parte se instaló y configuró el bróker Mosquitto dentro del servidor virtual de Google Cloud, donde Mosquitto es de código libre, el mismo que maneja protocolos MQTT que tiene habilitado dos puertos, el 1884 y 1883, para esta configuración se ha escogido el puerto 1883, ya que hay bajo tráfico de red.

Además para el funcionamiento se ha importado el código de biblioteca PAHO, esto ayuda para la suscripción de temas y publicación de mensajes a dichos temas, el sensor publica los mensajes a un tema preestablecido en el servidor Bróker Mosquitto, mediante la biblioteca, la misma que sirve para conectarse del sensor Arduino al bróker Mosquitto mediante la ip pública, puerto y credenciales de conexión que tiene preestablecido Mosquitto, esta creación del archivo es con un editor de texto y la compilación es con el comando Python.

```

root@parapenteazuay:/var/log/mosquitto# /etc/init.d/mosquitto status
* mosquitto.service - LSB: mosquitto MQTT v3.1 message broker
Loaded: loaded (/etc/init.d/mosquitto; generated)
Active: active (running) since Mon 2020-02-17 17:19:24 -05; 3 weeks 1 days ago
Docs: man:systemd-sysv-generator(8)
Process: 950 ExecStart=/etc/init.d/mosquitto start (code=exited, status=0/SUCCESS)
Tasks: 1 (limit: 4399)
Memory: 3.6M
CGroup: /system.slice/mosquitto.service
└─1072 /usr/sbin/mosquitto -c /etc/mosquitto/mosquitto.conf

Feb 17 17:19:23 parapenteazuay.com systemd[1]: Starting LSB: mosquitto MQTT v3.1 message broker...
Feb 17 17:19:24 parapenteazuay.com mosquitto[950]: * Starting network daemon: mosquitto
Feb 17 17:19:24 parapenteazuay.com mosquitto[950]: ..done.
Feb 17 17:19:24 parapenteazuay.com systemd[1]: Started LSB: mosquitto MQTT v3.1 message broker.
root@parapenteazuay:/var/log/mosquitto#

```

Figura 25: Servicio Mosquitto en el servidor Virtual de Google Cloud

Mediante el comando Mosquitto -v se puede observar el servicio y puerto que está en escucha en el servidor virtual Linux, además que indica la versión del bróker que se está utilizando.

```

root@parapenteazuay:/var/log/mosquitto# mosquitto -v
1583888337: mosquitto version 1.4.15 (build date Wed, 13 Feb 2019 00:27:01 +0000) starting
1583888337: Using default config.
1583888337: Opening ipv4 listen socket on port 1883.
1583888337: Error: Address already in use
root@parapenteazuay:/var/log/mosquitto#

```

Figura 26: Servicio Mosquitto en estado start (inicializado)

Además para poder verificar la transmisión de datos se puede observar en el log del servicio de Mosquitto, donde cada minuto recibe los datos (paquete con el encabezado) del módulo GSM/GPRS de los temas suscritos para cada sensor nodo del Arduino.

```

luisramon1019@parapenteazuay:~$ sudo tail -f /var/log/mosquitto/mosquitto.log
1580854924: Sending PINGRESP to 362a058c-0c5b-4641-b0d9-25c0b6496f41
1580854932: Received PINGREQ from 54376f46-6af2-4ecc-b725-d4f0273e3dd1e
1580854932: Sending PINGRESP to 54376f46-6af2-4ecc-b725-d4f0273e3dd1e
1580854936: Received PUBLISH from f3210057-7ab0-46c8-abf3-c688dae5ae38 (d0, q0, r0, m0, 'VELOCIDAD', ... (4 bytes))
1580854936: Sending PUBLISH to 16540bc3-6ac6-4353-a037-ce3fb5602eaf (d0, q0, r0, m0, 'VELOCIDAD', ... (4 bytes))
1580854938: Received PUBLISH from f3210057-7ab0-46c8-abf3-c688dae5ae38 (d0, q0, r0, m0, 'LLUVIA', ... (4 bytes))
1580854938: Sending PUBLISH to 54376f46-6af2-4ecc-b725-d4f0273e3dd1e (d0, q0, r0, m0, 'LLUVIA', ... (4 bytes))
1580854938: Received PUBLISH from f3210057-7ab0-46c8-abf3-c688dae5ae38 (d0, q0, r0, m0, 'DIRECCION', ... (5 bytes))
1580854938: Sending PUBLISH to 42451aa7-07f7-491d-b57f-2c3791e8dd0a (d0, q0, r0, m0, 'DIRECCION', ... (5 bytes))
1580854944: Received PUBLISH from f3210057-7ab0-46c8-abf3-c688dae5ae38 (d0, q0, r0, m0, 'VELOCIDADRAFAGA', ... (4 bytes))
1580854944: Sending PUBLISH to 1248c80f-a216-40a5-b072-a3dacf483658 (d0, q0, r0, m0, 'VELOCIDADRAFAGA', ... (4 bytes))
1580854945: Received PINGREQ from 42451aa7-07f7-491d-b57f-2c3791e8dd0a

```

Figura 27: Transmisión de datos en el bróker Mosquitto

## 7.6. Conexión con la Red GPRS

Además se probó la conectividad efectiva de la red 3g GPRS del Arduino Shield, debido a que el nodo base(Base Station de la operadora CLARO) está cerca de la laguna de Busa en una parte alta y a varios kilómetros de distancia del cerro San Pablo, por lo tanto los datos no tuvieron retraso alguno, gracias a la suficiente señal para conectarse y enviar datos al bróker MQTT, en efecto se conecta al servidor alojado en la nube, además para la operadora Movistar no funcionaría ya que carece de cobertura de señal, mientras que CNT la antena BASE STATION está en el centro del cantón donde carece de buena cobertura.



Figura 28: Conectividad con la red GPRS

Las pruebas se realizaron con la placa Arduino Mega, Shield SIM 900 y los sensores para que cada minuto envíen datos, para lo cual están conectados a dos fuentes solares de energía recargable USB, una fuente al Arduino Mega y la otra al Arduino Shield SIM900.

```

Initializing modem...
Modem: SIM900 R11.0
Waiting for network... OK
Connecting to CMNET OK
-----
=== MQTT CONNECTED ===
Connecting to 104.196.151.36 OK
  
```

Figura 29: Conectividad con la red GPRS

### 7.7. Análisis contable del proyecto

Para la implementación y el funcionamiento del proyecto se necesita contratar servicios y adquirir hardware para demostrar la tesis propuesta, dentro de los cuales están: pago mensual del servidor virtualizado, pago de servicio de internet en la línea celular, compra de placas Arduinos, sensores y cableado.

#### 7.7.1. Servicio de internet mediante la operadora CLARO

Para que se pueda enviar datos desde la estación meteorológica por el módulo GSM/GPRS se tiene que agregar saldo (Megabytes) al SIM conectado o línea telefónica, en donde se contrata un plan de 10 dólares con un tiempo de validez de 1 mes, para lo cual el paquete incluye 1024 MB en datos, es decir conectividad a internet.



Figura 30: Consumo de datos (Megabytes) en los sensores

### 7.7.2. Servicio de VPS (Virtual Private Server) en Cloud Google

El servicio de tener un servidor virtual alojado en Cloud Computing (Cloud Google) tiene un costo, por lo tanto genera una factura mensual por el uso del servidor virtualizado, esto rige fuera de los 365 días libres o 300 dólares gratuitos que el mismo brinda al suscribirse, por lo tanto este servicio tiene un servidor virtual con una ip pública para poder acceder desde cualquier lugar.

Google Cloud	
Total en USD	<b>39,21 US\$</b>
Resumen de 1 ene. 2020 - 31 ene. 2020	
Subtotal en USD	39,21 US\$
Impuesto (0%)	0,00 US\$
Total en USD	39,21 US\$

Figura 31: Costo de suscripción mensual en Cloud Google

### 7.8. Desarrollo y funcionamiento de la aplicación móvil

El desarrollo de la aplicación móvil será mediante el IDE Android Studio, esta herramienta usa lenguaje de programación en JAVA, seguidamente se procede a crear entidades Pojo para cada sensor de la estación meteorológica, ya que estas clases tendrán las propiedades de id, valor, topic y fecha, en la que ayudarán a recuperar los valores de las tablas en la base de datos de Mysql, mediante web service en lenguaje php, los mismos que se encuentran en el servidor virtual.

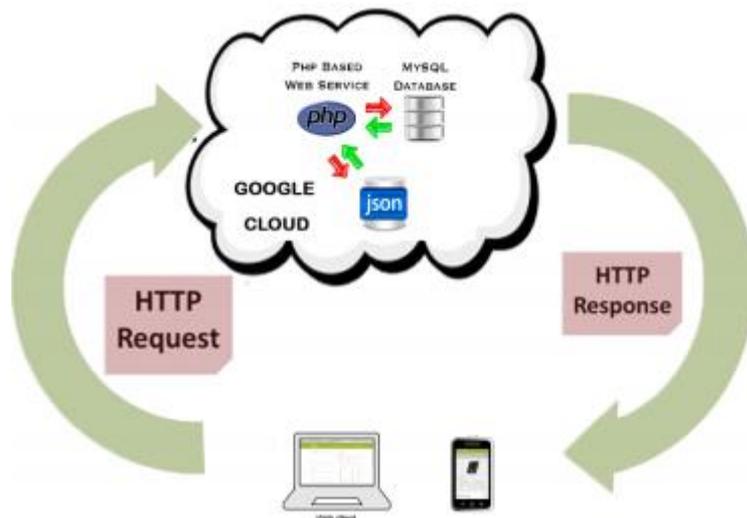


Figura 32: Web Service php en linux

Para la conexión se utiliza internet, en la cual se consume los web services en php, los mismos que son conexiones a la base de datos, que tiene datos almacenados en tiempo real, además recuperan los últimos valores de las tablas de cada sensor mediante SQL, seguidamente en la aplicación móvil estos son mostrados en cada pestaña o fragment, al igual que el login y creación de usuario.

#### 7.8.1. Registro y Acceso en la aplicación móvil

El registro de usuarios para la aplicación móvil tiene definido 3 parámetros: el usuario, correo y contraseña:

Paso 1: ingresar los datos en los parámetros requeridos (registro).

Paso 2: ingresar el usuario y contraseña antes registrados (acceso).



Figura 33: Pasos para registro y acceso de Usuario

#### 7.8.2. Visualización de los valores recuperados por los sensores

Una vez ingresado a la aplicación móvil, esta visualiza los datos que son: la humedad relativa, temperatura, cantidad de lluvia, dirección y velocidad del viento.



Figura 34: Datos de humedad, temperatura y velocidad de viento

Del mismo modo los datos se estarán actualizando cada minuto, automáticamente ya que los web services están en sincronización con la Base de Datos MYSQL del servidor linux.



Figura 35: Datos de lluvia, ráfaga y dirección de viento

## 8. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Después del desarrollo e implementación del prototipo de la estación meteorológica para el lugar preestablecido en la zona de despegue del parapente; se procede a obtener resultados, los mismos que son valores reales de la temperatura, cantidad de lluvia, humedad relativa, dirección y velocidad del viento, que son presentados en la plataforma web y móvil, donde se realizará un análisis de los mismos con gráficas mediante la librería Highcharts.

### 8.1. Control de Usuarios en la plataforma web y móvil

El acceso a la información de los valores obtenidos de cada sensor es mediante identificación con usuario y contraseña, tanto en la plataforma web como móvil, la misma que servirá para ver la cantidad de usuarios con interés de la meteorología en el cerro San Pablo para la práctica del deporte en parapente, efectivamente las plataformas cuentan con las seguridades necesarias para mostrar la información solo mediante identificación.

Del mismo modo el número de usuarios registrados servirá de machine learning, según Danny Lange aquello ayudará para la predicción de la demanda del servicio, como también fijar un precio por el mismo, además la información en la base de datos servirán para un análisis futuro. [20]

### 8.2. Control de visitas en la plataforma web

El control de visitas se realiza mediante una API (Application Programming Interface), para monitorear el acceso web del usuario final, esta API es externa al código desarrollado en la tesis, que funciona como widget pegable en la plantilla de la página principal, que servirá de conteo automático cada vez que ingresen a la plataforma web.



*Figura 36: Control del número de visitantes a la plataforma web*

### 8.3. Presentación de datos obtenidos

La obtención de datos en cada sensor del prototipo es exitosa y fiable, ya que envía los datos al servidor, de acuerdo al tiempo preestablecido en el código, que es de 1 minuto, del mismo modo está disponible las 24 horas al día y 7 días a la semana (24/7) que es representado mediante un Dashboard que indica los valores de: humedad relativa, temperatura, cantidad de lluvia, dirección y velocidad del viento en tiempo real.

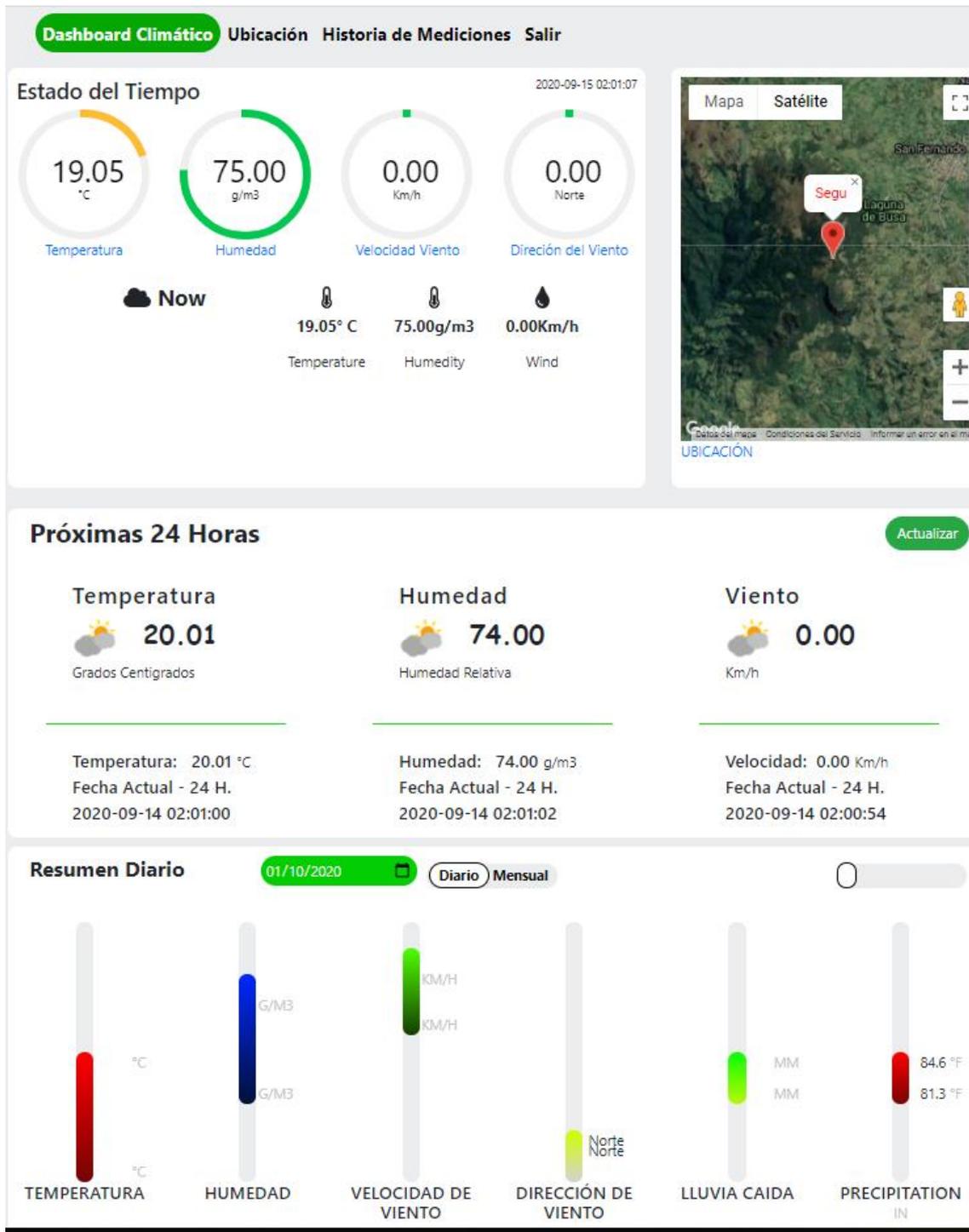


Figura 37: Dashboard de la estación meteorológica

### 8.3.1. Factores a ser considerados

Además se presentaron algunos errores humanos como es el caso de la protección y seguridad del cableado con los sensores, en especial del sensor DTH11 debido a problemas ambientales como llovizna o lluvia que se produce en el día o noche, esto produjo el sulfatado de 2 sensores, el mismo se conoce como óxido que provoca cortocircuito hacia todo el prototipo, por lo cual se tomó la decisión de proteger aquel circuito de la mejor manera para evitar más errores.

Del mismo modo se debe estar pendiente del vencimiento del saldo en el plan de datos de la línea celular, ya que si se termina el tiempo de contratación mensual deja de enviar datos al servidor, entonces se debe proceder a hacer otra recarga de saldo para el mismo. El cableado de los pines entre los sensores y placas Arduinos debe estar bien sujetos, ya que los pines utilizados no son de mayor efectividad para las conexiones, son de prueba.

#### 8.4. Implementación de prototipo en la zona de despegue

Se procedió a instalar el prototipo de la estación meteorológica en un soporte de tubo galvanizado metálico en la zona de despegue y aterrizaje, el mismo que esta fundido en la tierra a nivel vertical y horizontal que está sujeta por medio de amarraderas al prototipo, como se indica a continuación en la imagen.



*Figura 38: Soporte metálico del prototipo en prueba en la pista de Despegue*

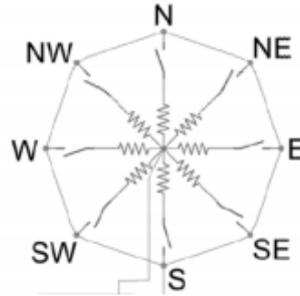
#### 8.5. Precisión de datos obtenidos por los sensores

##### 8.5.1. Sensor DTH11

En el caso del sensor DTH11 tiene una gran diferencia en la variación de los valores, por ejemplo obtiene un valor de 15 Grados Centígrados pero de acuerdo a otros medidores de mayor precisión marcan 12 grados Centígrados, donde registra una pequeña diferencia, de la misma manera para medir la humedad existe también esta diferencia, por lo cual se evidencia que el sensor cumple con la expectativa trazada para el estudio de la tesis ya que el sensor tiene una presión de +- 5.

##### 8.5.2. Sensor Veleta

En el caso de la veleta se encarga de dar la dirección del viento, que viene definido con la sensibilidad mediante valores (0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315), los mismos que dependen de una resistencia de 1000 ohmios que ayuda a medir la resistencia eléctrica, es decir la diferencia de potencial constante entre dos puntos, en efecto estos valores son representados como ángulos en grados sobre un plano cartesiano, con sus respectivos cuadrantes, donde los mismos están representados por las puntos cardinales.



*Figura 39: Arquitectura del sensor Veleta*

### 8.5.3. Sensor Anemómetro

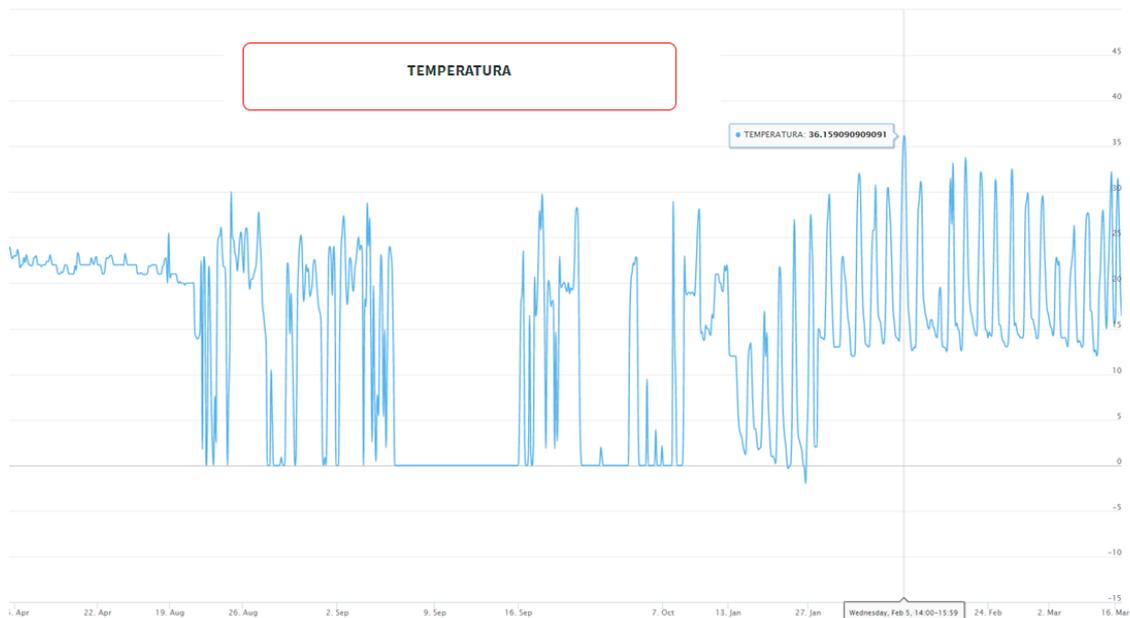
El anemómetro mide la velocidad del viento en tiempos constantes y de ráfaga, mediante los giros de la cazoleta, donde a mayores giros de la cazoleta mayor la velocidad, y que se puede medir en cualquier unidad de medida según el código desarrollado, en este caso será en Km/h.

### 8.5.4. Sensor Pluviómetro

El pluviómetro recoge datos de la cantidad de lluvia caída en el envase del sensor, donde se considera irrelevante el análisis ya que de existir lluvia en las zonas de despegue o aterrizaje es imposible practicar el deporte, por consiguiente no se desplegará el parapente, la unidad de medida para este sensor es mm (milímetros por metro cúbico).

### 8.6. Datos de la Temperatura

Para el análisis de datos de la temperatura se establecerá una fecha, hora y día, para observar las muestras de variación de los valores según el avance del día, mediante la librería Highcharts se visualiza todos los datos que se encuentran en la Base de datos MYSQL, donde se podrá diferenciar y analizar de mejor manera, del mismo modo especificar con un acercamiento (zoom) determinado mes, semana, día y hora.



*Figura 40: Datos de temperatura de varios meses*

Sin duda, se evidencia los valores de cada mes, por ejemplo desde día 5 de septiembre hasta el 16 de septiembre del 2019 la cresta de los valores están en cero debido a que el sensor estaba sulfatado.

Desde el mes de Abril del 2019 hasta el mes de Enero 2020 estaba en la fase de pruebas por lo cual se evidencia la cresta con valores de 0 Grados, donde se corrigió los problemas, que posteriormente desde el mes de Enero del 2020 hasta la fecha los valores mantienen una línea de tendencia entre 12 y 35 Grados Centígrados, lo cual ya son valores reales sin caída del sistema de acuerdo al comportamiento climático.

Del mismo modo esta vista ayuda a tener el panorama general de la temperatura en todo el año, ya que se puede observar los picos, crestas, línea de tendencia de cada mes, además de tener la posibilidad de observar crestas de 0 grados que significan que existe una falla en el sistema.

En lo que va del año se puede observar que el pico se encuentra el día 5 de Febrero del año 2020 con 36 Grados Centígrados, del mismo modo desde el mes de Enero hasta la fecha una línea de tendencia de promedio de 15 Grados centígrados en las crestas y en el pico un promedio de 30 Grados Centígrados.

El cambio de tendencia se puede identificar entre las 8 de la mañana y las 5 de la tarde, debido a la caída de la noche y el amanecer del nuevo día.

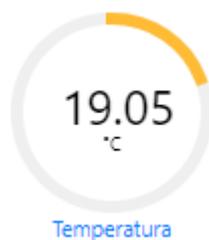


*Figura 41: Temperatura durante el día*

Esta gráfica presenta los datos obtenidos de la temperatura durante un día determinado, en donde se puede observar los picos 33 a 36 Grados Centígrados de temperatura en el rango de 11 de la mañana hasta las 5 de la tarde, en la cual evidencia ciclos similares según los datos registrados a la misma hora del resto de días.

Después de las 5 pm la cresta de la temperatura tiende a disminuir debido al descenso de la temperatura durante la noche, que hace que la tierra se enfríe, manteniéndose en un promedio de 15 Grados Centígrados definido como la línea de tendencia.

Dentro del parapente se interpreta mientras a mayor temperatura mayor tiempo de vuelo en el aire, es decir los tiempos de vuelo de acuerdo a la variación de los valores de la temperatura, también se considera la hora del día como limitante del tiempo en el vuelo, es decir en el aire se podrá estar volando entre rangos de horas como: de 8 am hasta las 10 am y en la tarde desde las 4 pm hasta las 6 pm, todo aquello se refleja en la salida del sol en la mañana y la ocultación del mismo al atardecer, ahora bien fuera de este rango de horas la temperatura es muy alta y genera turbulencias en el aire que provocaría accidentes graves y no dejaría descender para aterrizar, sin tener en consideración de que la velocidad del viento es más grave.



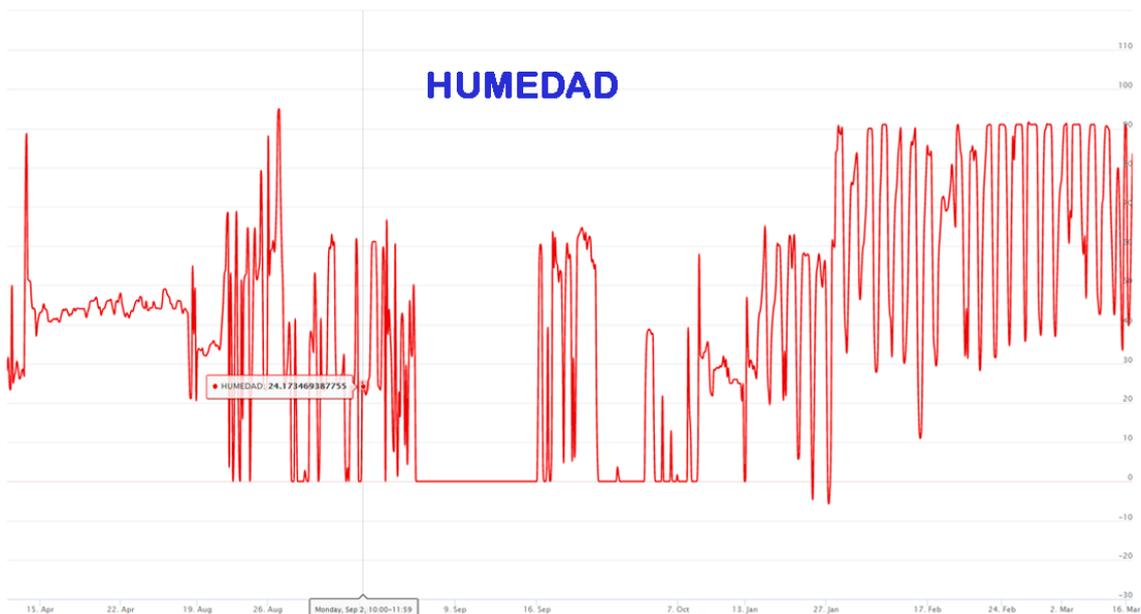
*Figura 42: Temperatura en la Plataforma Web*

La temperatura es el grado de calor o frío que hay en un lugar que varía según la altura y con la proximidad o lejanía al mar, por tanto se considera para el vuelo en parapente con la teoría mientras mayor temperatura, mayor será el tiempo de vuelo debido a las concurrentes corrientes de aire, conocidas como térmicas. Hay que tener en cuenta que la temperatura en la zona de despegue y aterrizaje es totalmente diferentes, al igual que la temperatura en el aire.

La temperatura en la playa a las orillas del mar es bastante alta a diferencia de las zonas montañosas, donde en la playa se tiene un planeo constante para volar que conlleva a no poder tomar una altura mayor a 100 metros sobre el nivel del mar, mientras que en las zonas montañosas permite ascender a más de 600 msnm pero con diferentes temperaturas.

### 8.7. Humedad

Primeramente se tendrá un panorama general de la humedad de varios meses para observar el comportamiento del mismo.



*Figura 43: Humedad en varios meses*

Se observa la variación de valores debido al desarrollo del prototipo en la fase de pruebas y fase de producción cuando ya se corrigió los errores. Para el análisis de la humedad se determinará un día para observar las crestas y picos en las variaciones de valores, de acuerdo a la siguiente imagen:



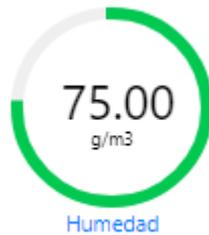
Figura 44: Humedad en un día determinado

Los datos de la gráfica representa el cambio de humedad entre las horas de claridad y oscuridad del día, de tal manera que en la madrugada existe frio, manteniéndose una humedad constante, seguidamente después de las 6 am empieza la humedad a decrecer debido al calor del sol que cobija la tierra, en efecto existe un pico en el trayecto de la tarde que asciende, pero aun así desciende totalmente a las 7 pm para luego volver a su punto original de la madrugada.



Figura 45: Análisis de la Humedad en el parapente

Para el parapente se interpreta que a menor humedad desde las 8 am hasta 10 am y pasado las 17:00 horas de la tarde es ideal volar, ya que se tienen mayor probabilidades de volar en ascenso, es decir no descender tan rápido a la superficie de la tierra o zona de aterrizaje, dando vueltas en forma de espiral, tal como hacen las aves.



*Figura 46: Comportamiento de la Humedad en el parapente*

En temporada de verano, las aves dan vueltas y dan vueltas sin mover las alas en mismo lugar, es decir en movimiento circular debido a que encontraron una corriente de aire vertical. Donde lo que hace es permitir estar en la misma altura inclusive subir más alto, esto se conoce como térmicas, es decir son aires en forma ascendente producida por el calentamiento del suelo que a su vez calienta el aire por encima del mismo.

### 8.8. Velocidad del Viento

Para la velocidad del viento se determinará un día, el mismo que indicará las variaciones de velocidad de viento dependiendo de la hora, ante aquello se debe tener en cuenta la altura que se encuentre la zona de despegue y de aterrizaje. Ya que a mayor altura del nivel del mar, mayor será la velocidad, en especial en zonas montañosas que se encuentran en la región sierra ecuatorial, entonces en la gráfica se observa los picos que marca en determinados momentos, los mismos son considerados como ráfagas de viento.



*Figura 47: Comportamiento de la Velocidad del viento por mes*

Para el deporte del parapente interesa la velocidad constante ya que con aquella se puede despegar y aterrizar sin dificultad.

En la siguiente gráfica se puede observar velocidades constantes de 0 hasta 1 km/h, donde si este se mantiene valores entre 0 y 20 Km/h, el aterrizaje y despegue es más suave y seguro, mientras si existe un incremento en la velocidad presentará inestabilidad y

turbulencia, que provocará dificultad para despegar de la zona y complicación en el momento del aterrizaje en la superficie.



Figura 48: Comportamiento de la Velocidad del viento diario

Por lo tanto la velocidad es una limitante para la práctica de vuelo, donde se define como una corriente que golpea al equipo y este a la vez ayuda a volar o deslizarse como aeroplano del mismo modo mantiene el parapente en el aire por las diversas corrientes a determinada altura.

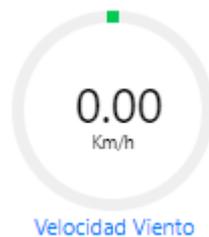


Figura 49: Comportamiento de la Velocidad del viento en el parapente

### 8.9. Dirección del Viento

Para la dirección del viento de igual manera se determinará un día, para analizar la variación de los valores que marca mediante la veleta. Para representar las direcciones del viento se establece un esquema mediante puntos cardinales:

- Norte = Valor 90
- Noreste = Valor 45
- Este = Valor 0 o 360
- Sureste = Valor 315
- Sur = Valor 270

- Suroeste = Valor 225
- Oeste = Valor 180
- Noroeste = Valor 135

La veleta estará en un punto fijo que no alterara la ubicación de los puntos cardinales del mismo, como se indica en la imagen:



Figura 50: Orientación de los Puntos Cardinales

Se observa en la siguiente gráfica los meses de agosto, septiembre, octubre del 2019 tienen una tendencia promedio para el sur, ya que están en el rango de 180 a 360 Grados, posteriormente para los meses de enero, febrero y marzo del 2020 tiende un promedio hacia el Norte ya que los valores están en el rango de 0 a 180 Grados, efectivamente se nota el cambio de estación de verano a invierno.



Figura 51: Comportamiento de la Dirección del viento por meses

Así mismo para analizar los valores respecto a un día específico, es visible que los valores durante el día tienen una tendencia hacia el sur y al este, ya que tienen los valores de 0 que es al Este y mayor a 270 que es al sur y sureste, efectivamente cada minuto indicara un valor perteneciente a un determinado punto cardinal.



*Figura 52: Comportamiento de la Dirección del viento diario*

Para el equipo del parapente la dirección del viento es primordial para poder realizar el deporte, ya que se debe despegar o aterrizar siempre en contra del viento caso contrario este se reflejará como un error que puede ocasionar un accidente, por otra parte si fuese en dirección igual o lateral, esto provocara mayor velocidad e inestabilidad del equipo del parapente.

Cabe destacar que el mayor promedio los accidentes en parapente se dan al momento de despegar y aterrizar debido a que se debe tener en cuenta varios parámetros como velocidad de viento, dirección de viento, temperatura, humedad y seguridades de los equipos.



*Figura 53: Dirección del viento*

### 8.9.1. Condicionantes para la dirección del viento

En la siguiente imagen especifica la manera correcta de despejar en parapente de una parte alta o montañosa ya que es en línea recta y en contra del viento como indica la manga de viento y la altura de la manga que es promedio de 20 Km/h:



Figura 54: Zona de Despegue

Mientras que para el aterrizaje es similar al despegue, de acuerdo a la siguiente imagen, se aterriza en contra del viento según como indica la manga de viento:



Figura 55: Zona de Aterrizaje

Por lo tanto el vuelo en parapente es inspirado en el vuelo de las aves, las mismas que solo usan el viento a su favor para volar, el aleteo de las aves es cuando carecen de viento y quieren despegar o aterrizar, además controlan la velocidad y dirección del viento con respecto de su peso para no golpearse contra objetos de la naturaleza.

#### 8.10. Zonas de pruebas del prototipo

Al realizar las pruebas, se hizo en diferentes escenarios (centro de la ciudad de Cuenca, cerro San Pablo y Laguna de Busa de San Fernando), donde existe una diferencia de

altitud entre zonas de despegue y aterrizaje, siendo el cerro San Pablo más alto con 3900 msnm.



Figura 56: Zonas de practica de Parapente

### 8.11. Conocimiento empírico representado en Ciencia y Tecnología

La práctica del deporte extremo en Parapente está basado en conocimiento empírico que ha sido trasmitido de generación en generación de los parapentistas con el pasar del tiempo.



Figura 57: Conocimiento empírico representado en ciencia y tecnología

Actualmente se utiliza una manga como referencia para las zonas de vuelo, por lo que esta tesis demuestra y desarrolla una solución factible y viable mediante ciencia y tecnología, con la implementación y desarrollo de una plataforma web y móvil.

## 9. CONCLUSIONES

Para finalizar nuestra investigación y resaltar el aporte de la misma hemos llegado a las siguientes conclusiones:

- En primera instancia concluimos que para mejorar la precisión de las medidas es necesario que la recepción de la información desde los sensores se requiere de un intervalo de 60 segundos, ya que con esta métrica evitamos imprecisiones, duplicidad de información y errores en las medidas.
- El protocolo usado para el envío y recepción de la información desde nuestro prototipo es MQTT, un protocolo ligero con arquitectura cliente servidor, con un elevado nivel de seguridad y que es soportado en diversas nubes públicas, ya sea por software como servicio (IaaS) o por el modelo de infraestructura (IaaS), recomendamos el uso de la nube de Google ya que para este tipo de proyectos (IoT)
- De igual forma llegamos a concluir que el uso de web service en las conexiones para IoT, dinamiza las conexiones, desde el aplicativo móvil en una arquitectura cliente servidor liviano en la que el procesamiento se realiza en el lado de la nube, lo que nos permite un escalamiento ilimitado, por otra parte con el desarrollo de esta investigación visualizamos que los web service de la nube de Google mejoran el rendimiento de la plataforma.
- Finalmente es necesario tener una tabla de valores de la calibración de la sensibilidad de los sensores que indican las métricas precisas y es el siguiente:

DHT11		ANEMÓMETRO	PLUVIÓMETRO	VELETA
HUMEDAD	TEMPERATURA	VELOCIDAD DE VIENTO	CANTIDAD DE AGUA	DIRECCIÓN DEL VIENTO
± 5%	±2 °C	±10 Km/h	±10 Mm/m <sup>3</sup>	±10 Ohmios

Estos son los valores recomendables para la calibración de los sensores.

### 9.1. Trabajos futuros

Posteriormente se puede implementar en el prototipo la transmisión de imágenes, video y audio de las zonas de despegue y aterrizaje hacia la nube de Cloud Computing.

Adjuntar a la plataforma web y móvil información de: altitud, distancia recorrida, rutas, recorrido de vuelo, tiempo y velocidad del vuelo en el aire mediante recursos y sensores del mismo móvil como el uso de GPS en tiempo real desde la zona de despegue hasta el aterrizaje y generar reportes del mismo.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] INAMHI, “Anuario meteorológico,” en INAMHI. INAMHI, 2014.
- [2] V. Velasco, F. Flores, G. Gonzales, M. Flores, y H. Moreno, “Desarrollo y validación de una estación meteorológica automatizada de bajo costo dirigida a agricultura,” *Revista Mexicana de ciencias Agrícolas*, 2015.
- [3] R. K. Kodali y S. Mandal, “Iot based weather station,” *IEEEExplore Digital Library*, 2016.
- [4] E. G. . P. D. Justo, *Environmental Monitoring with Arduino*. Reilly Media, 1999.
- [5] PROMETEC, [Accesado 9-Feb-2020]. [En línea]. Disponible en: <https://www.prometec.net/gprs-llamar-enviar-sms/>
- [6] P. Newswire, “New 1.5 release, mqtt 5.0 roadmap and commercial sponsor for eclipse mosquito mqtt broker: Open-source mqtt broker version 1.5 released - estimate for availability of mqtt 5.0 compliant version - german based cedalo ag becomes commercial sponsor for future mosquito open source development,” *PR Newswire Association LLC*, 2018.
- [7] Gibbs y Mark, *Internet of Things Messaging, Part 2: The Mosquitto MQTT broker*, 2017.
- [8] SOSTRONIC, [Accesado 9-Feb-2020]. [En línea]. Disponible en: [https://www.sostronic.eu/estacion-meteorologica-profesional\\_pr54792](https://www.sostronic.eu/estacion-meteorologica-profesional_pr54792)
- [9] H. M. Musse y L. A. Alamro, “Cloud computing: Architecture and operating system,” *IEEE*, 2016.
- [10] J. L. R. Viedman, “Un middleware para la gestión labores agrícolas en un ambiente de internet de las cosas,” *Master’s thesis, Universidad de San Buenaventura Colombia*, 2018.
- [11] That ‘Internet of Things’ Thing, [Accesado 9-Feb-2020]. [En línea]. Disponible en: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>
- [12] R. Krikorian, D. Cohen, y N. Gershenfeld, “The internet of things,” *ResearchGate*, pp. 22–26, 2004.
- [13] Saez y G. Alberto, “Manual de parapentista,” *Vecchi SA*, 2016.
- [14] A. Bustamante, *Análisis de datos meteorológicos para identificar y definir el clima en Yopal, Casanare*, 2013.
- [15] INAMHI, [Accesado 9-Feb-2020]. [En línea]. Disponible en: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec>

- [16] Schofield y Joe, “Elementary pilot training guide,” the British Hang Gliding Associatio, 2018.
- [17] KANA y S. BAS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA OBTENCIÓN DE IMÁGENES A TRAVÉS DE UNA IP, 2014.
- [18] D. A. L. Sarmiento y H. A. G. Romero, “Diseño e implementación de ipv6 en un sistema embebido,” 2013.
- [19] Roberto y Carlos, “Tecnología pyme - weblogs sl: Servidor virtual y en la nube, una opción cada vez más real para la pyme,” Tecnología Pyme [BLOG]; Singer Island, 2017.
- [20] Cleverdata, [Accesado 28-Marzo-2020]. [En línea]. Disponible en: <https://cleverdata.io/machine-learning-empresa/>
- [21] M. A. Strocchia, J. Ramírez, y E. Matos, “Incidencia de fracturas diafisarias de fémur año 2001: Hospital Dr. Victorino Santaella R. Los Teques,” Revista venezolana de cirugía ortopédica y traumatología, vol. 35, pp. 22–26, 2003.
- [22] Sistema Operativo Windows. [En línea]. Disponible en: <http://www.microsoft.com/windows/>
- [23] A. Webb, Statistical pattern recognition. Arnold Publishers, 1999.
- [24] E. Ramírez y E. Coto, “Moving least squares method for implant model deformation in computer aided orthopedic surgery for fractures of lower extremities,” en SIACG 2011: Proceedings of the V IberoAmerican Symposium in Computer Graphics. (Por Presentar), 2011.
- [25] Arduino, [Accesado 9-Feb-2020]. [En línea]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- [26] Arias y ángel, Computación en la Nube. Createspace, 2015.
- [27] B. Dufrasne, R. Eriksson, W. Kalabza, y L. Martinez, Using XIV in OpenStack Environments. IBM RedBooks, 2015.
- [28] B. Furht y A. Escalante, Handbook of Cloud Computing. Springer, 2010.
- [29] Castrounis and Alex, [Accesado 9-Feb-2020]. [En línea]. Disponible en: <https://www.innoarchitech.com/what-is-webrtc-and-how-does-it-work/>
- [30] utpl.edu.ec, [Accesado 9-Feb-2020]. [En línea]. Disponible en: <https://esalud.utpl.edu.ec/sites/default/files/images/Mo%CC%81dulo%201.pdf>
- [31] doherty y jim, SDN y NFV simplified. Person, 2016.
- [32] I. N. d. M. Hidrología, “Anuario meteorológico,” 2014.

- [33] H. M. Musse y L. A. Alamro, "Cloud computing: Architecture and operating system," 2017.
- [34] J. Rodés, J. M. Piqué, y A. Trilla, Libro de la salud del Hospital Clínic de Barcelona y la Fundación BBVA. Fundacion BBVA, 2007.
- [35] P. SR, C. A, y A. Aggarwal, "Teledentistry: A new revolution," Journal of Dental Sciences Oral Rehabilitation, 2012.
- [36] E. d. P. Parapente, "Manual del curso de iniciación de parapente," 2012.
- [37] P. Mell y T. Grance, "The nist definition of cloud," NIST, 2011.
- [38] VARIOLS, [Accesado 9-Feb-2020]. [En línea]. Disponible en: <https://www.flymaster.net/>
- [39] V. N. nez César, C. P. na Jairo, y L. G. Carlos, "Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas para una solución de servicios de telemedicina," redalyc, 2009.
- [40] INEC, [Accesado 9-Feb-2020]. [En línea]. Disponible en: [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Sociales/Recursos\\_Actividades\\_de\\_Salud/Publicaciones/Anuario\\_Rec\\_Act\\_Salud\\_2014.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/Recursos_Actividades_de_Salud/Publicaciones/Anuario_Rec_Act_Salud_2014.pdf)
- [41] INEC, [Accesado 9-Feb-2020]. [En línea]. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/el-numero-de-medicos-en-ecuador-crece-1351-en-10-anos/>
- [42] Pan American Health Organization, [Accesado 9-Feb2020]. [En línea]. Disponible en: [http://www.paho.org/q/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10947:2015-pahowho-highlights-need-train-more-nursing-personnel&Itemid=1926&lang=es](http://www.paho.org/q/index.php?option=com_content&view=article&id=10947:2015-pahowho-highlights-need-train-more-nursing-personnel&Itemid=1926&lang=es)

## 11. ANEXOS

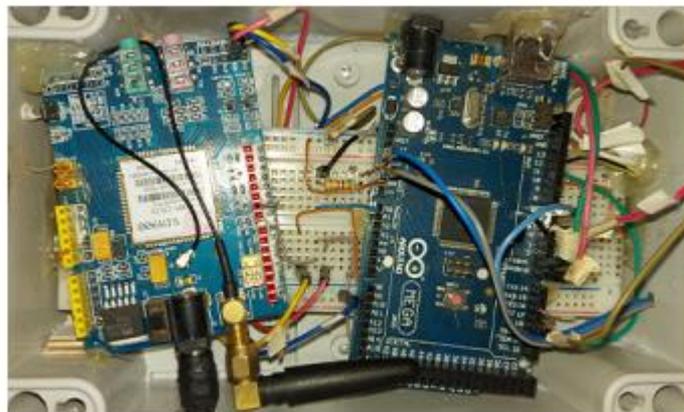
### ANEXO 1

SEÑAL QUE EMITE EL NODO BASE STATION DE LA OPERADORA MOVIL CLARO EN EL CANTÓN SAN FERNANDO



### ANEXO 2

PROTOTIPO EN LA ETAPA DE PRUEBAS



ANEXO 3  
PROTOTIPO DE LA ESTACIÓN METEREOLÓGICA



ANEXO 4  
SENSORES DEL ANEMÓMETRO, VELETA Y PLUVIÓMETRO

