

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



## FACULTAD DE INGENIERÍA

### CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en Sistemas y Computación

#### TRABAJO DE TITULACIÓN

DESARROLLO DEL SISTEMA WEB DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA PARA LA CENTRAL METEOROLÓGICA YANARUMI UTILIZANDO EL SOFTWARE ESTADÍSTICO R.

#### **Autores:**

Emerson Jhaldyr Males Flores  
Diana Elizabeth Villacrés Bonilla

#### **Tutor:**

Dr. Marlon Basantes Valverde, PhD.

**Riobamba - Ecuador**

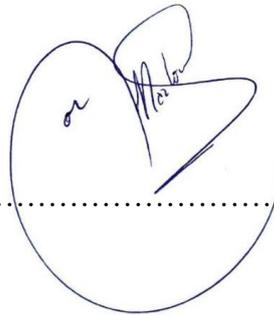
**2021**

## PAGINA DE ACEPTACION

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: “DESARROLLO DEL SISTEMA WEB DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA PARA LA CENTRAL METEOROLÓGICA YANARUMI UTILIZANDO EL SOFTWARE ESTADÍSTICO R”, presentado por los estudiantes: Sr. Emerson Jhaldyr Males Flores y Srta. Diana Elizabeth Villacrés Bonilla además de ser dirigida por el PhD. Marlon Basantes Valverde. Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Por Constancia de lo expuesto firman:

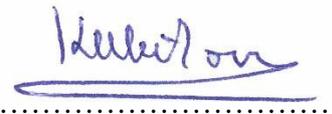
Dr. Marlon Basantes Valverde  
**Tutor del Proyecto**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Marlon Basantes Valverde', written over a horizontal dotted line.

MsC. Jorge Delgado  
**Miembro del Tribunal**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jorge Delgado', written over a horizontal dotted line.

Dr. Kleber Torres  
**Miembro del Tribunal**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Kleber Torres', written over a horizontal dotted line.

## **DERECHOS DE AUTORIA**

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación corresponde exclusivamente al Sr. Emerson Jhaldyr Males Flores y la Srta. Diana Elizabeth Villacres Bonilla, autores del proyecto de investigación bajo la dirección del PhD. Marlon Basantes Valverde y al patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.

### **Autores:**

*Emerson Males*

.....  
Emerson Jhaldyr Males Flores  
040141379-4

*Diana Elizabeth Villacres Bonilla*

.....  
Diana Elizabeth Villacres Bonilla  
0605065549

### **Director del Proyecto:**

*Dr. Marlon Basantes Valverde*

.....  
Dr. Marlon Basantes Valverde  
060275643-9

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto de investigación está dedicado a todas las personas que me ayudaron de alguno u otra manera, ya sea con un consejo, con unas palabras de aliento. A mis queridos docentes de la carrera de Ingeniería en Sistemas y Computación quienes inculcaron sus conocimientos sin reservas, a mis amigos, familiares, siendo el pilar para cumplir con la realización de la presente investigación.

Finalmente dedico esta investigación a todas las personas que tienen un sueño por cumplir.

**Emerson Jhaldyr Males Flores**

En primer lugar, dedico este proyecto de investigación a Yahweh, luego a mi familia que fueron un apoyo incondicional en la elaboración de este proyecto y a mis amigos que estuvieron siempre a mi lado.

Finalmente, a los docentes que me han guiado durante los estudios en la carrera para llegar a este momento.

**Diana Elizabeth Villacrés Bonilla**

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por permitirnos que nuestros ideales se cristalicen, a nuestros padres, hermanos, amigos y compañeros por el apoyo que siempre recibí por parte de ellos. A la Universidad Nacional de Chimborazo, que me abrieron sus puertas para continuar con nuestros estudios, en donde adquirimos nuevas experiencias y nos formamos profesionalmente. Al Ing. Diego Coloma DIRECTOR EJECUTIVO DE LA FUNDACIÓN ECOSUR-ECUADOR por el financiamiento de este trabajo de investigación y por el enorme apoyo en el traslado a la Estación Meteorológica de Yanarumi en Valparaíso-Guano.

Al Ing. Julio Tenemaza y al Ing. Byron Sánchez por su ayuda. Al Dr. Kleber Torres por su asesoramiento en el análisis estadístico de los datos. Al Ing. Jorge Delgado por su apoyo constate en la realización de este trabajo de tesis. Al grupo de estudiantes de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones por la ayuda en la implementación y prueba de los equipos Sismógrafo, Pluviómetro y Anemómetro en la Estación Meteorológica: Deysi, Darío, Christopher y Víctor.

Y a todos aquellos quienes contribuyeron de una u otra forma para culminar este trabajo investigativo experimental nuestras gracias sinceras.

**Emerson Jhaldyr Males Flores**

**Diana Elizabeth Villacrés Bonilla**

## INDICE GENERAL

PAGINA DE ACEPTACION .....	I
DERECHOS DE AUTORIA .....	II
DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
INDICE DE TABLAS .....	VII
INDICE DE FÓRMULAS .....	VIII
INDICE DE FIGURAS .....	IX
INDICE DE ANEXOS.....	XII
RESUMEN .....	XIII
ABSTRACT .....	XIV
INTRODUCCION .....	1
CAPITULO I.....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.1. Problema y Justificación .....	3
1.1.1. Problema.....	3
1.1.2. Justificación.....	3
1.2. Objetivos .....	4
1.2.1. Objetivo General.....	4
1.2.2. Objetivos Específicos .....	4
CAPITULO II.....	5
MARCO TEORICO.....	5
2.1. Medio Ambiente .....	5
2.1.1. Ecosistemas Naturales.....	5
2.1.2. Climatología .....	5
2.1.3. Meteorología.....	7
2.2. Sensores Meteorológicos.....	9
2.3. Análisis de Datos .....	14
2.3.1. MapReduce.....	14
2.3.2. Hadoop MapReduce .....	14
2.4. Análisis Estadístico .....	16
2.4.1. Estadística.....	16
2.4.2. Tipos de Estadística .....	16
2.5. Herramientas de Análisis y Programación.....	16

<b>CAPITULO III .....</b>	<b>22</b>
<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1. Tipo y diseño de Investigación .....</b>	<b>22</b>
<b>3.2. Población y Muestra .....</b>	<b>22</b>
<b>3.3. Tamaño de la muestra .....</b>	<b>22</b>
<b>3.4. Técnicas de Análisis e interpretación de la información.....</b>	<b>26</b>
<b>3.5. Metodología SCRUM.....</b>	<b>26</b>
<b>3.5.1. Análisis preliminar .....</b>	<b>26</b>
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>51</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>51</b>
<b>4.1. Resultados .....</b>	<b>51</b>
<b>4.2. Discusión .....</b>	<b>57</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>84</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>85</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>91</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Características de los Sensores .....	10
<b>Tabla 2.</b> Sensores de Temperatura (Descripción).....	11
<b>Tabla 3.</b> Sensor de Caudal (Descripción) .....	12
<b>Tabla 4.</b> Sensor de Lluvia (Descripción) .....	13
<b>Tabla 5.</b> Sensor de Viento (Descripción).....	14
<b>Tabla 6.</b> Nivel de confianza y el coeficiente de confianza .....	24
<b>Tabla 7.</b> Datos enviados desde la central.....	26
<b>Tabla 8.</b> Requerimientos funcionales .....	27
<b>Tabla 9.</b> Requerimientos no funcionales .....	27
<b>Tabla 10.</b> Datos analizados en R.....	59
<b>Tabla 11.</b> Correlación Spearman de todas las variables .....	64
<b>Tabla 12.</b> Resultados Correlación Spearman de todas las variables.....	64
<b>Tabla 13.</b> Correlación separan bilateral .....	72
<b>Tabla 14.</b> Resultados de Correlación separan bilateral.....	72
<b>Tabla 15.</b> Correlación separan bilateral .....	76
<b>Tabla 16.</b> Especificaciones Módulo Relay .....	103
<b>Tabla 17.</b> Diferentes Voltajes que arroja el Anemómetro .....	104

## INDICE DE FÓRMULAS

<b>Fórmula 1.</b> Cálculo de Tamaño de la Muestra .....	23
<b>Fórmula 2.</b> Estimación de la proporción .....	24
<b>Fórmula 3.</b> Margen de Error .....	25
<b>Fórmula 4.</b> Muestra de la Población.....	25
<b>Fórmula 5.</b> Test de Normalidad de Lilliefors de Temperatura.....	63
<b>Fórmula 6.</b> Test de Normalidad de Lilliefors de Humedad Relativa .....	63
<b>Fórmula 7.</b> Test de Normalidad de Lilliefors de Presión Atmosférica .....	63
<b>Fórmula 8.</b> Test de Normalidad de Lilliefors de Caudal.....	63
<b>Fórmula 9.</b> Test de Normalidad de Shapiro-Wilk Temperatura.....	71
<b>Fórmula 10.</b> Test de Normalidad de Shapiro-Wilk Presión Atmosférica .....	71
<b>Fórmula 11.</b> Test de Normalidad de Shapiro-Wilk Caudal.....	71
<b>Fórmula 12.</b> Segundo Test de Normalidad de Lilliefors de Temperatura.....	80
<b>Fórmula 13.</b> Segundo Test de Normalidad de Lilliefors de Humedad Relativa .....	80
<b>Fórmula 14.</b> Segundo Test de Normalidad de Lilliefors de Presión Atmosférica .....	80
<b>Fórmula 15.</b> Segundo Test de Normalidad de Lilliefors de Caudal.....	81
<b>Fórmula 16.</b> Error Porcentual.....	83

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Sensor Electrónico .....	9
<b>Figura 2:</b> Sensor de Temperatura / Sensor Barométrico .....	10
<b>Figura 3.</b> Sensor de caudal.....	11
<b>Figura 4.</b> Pluviometro Estación Yanarumi .....	12
<b>Figura 5.</b> Anemómetro Estación Yanarumi.....	13
<b>Figura 6:</b> Flujo de trabajo del paradigma MapReduce .....	15
<b>Figura 7.</b> Interfaz Gráfica de Software Arduino IDE .....	17
<b>Figura 8.</b> Microcontrolador ATmega328 .....	17
<b>Figura 9.</b> Ventana de phpMyAdmin.....	18
<b>Figura 10.</b> Placa Raspberry Pi 4 B+ .....	19
<b>Figura 11.</b> Interfaz Gráfica de Visual Studio.....	19
<b>Figura 12:</b> Interfaz Gráfica de RStudio.....	20
<b>Figura 13.</b> Representación del nivel de confianza.....	24
<b>Figura 14.</b> Diagrama de caso de uso.....	28
<b>Figura 15.</b> Comando para editar fichero dhcpd.conf .....	28
<b>Figura 16.</b> Código IP estática. ....	28
<b>Figura 17.</b> Guardar cambio fichero dhcpd.conf.....	29
<b>Figura 18.</b> Reiniciar Raspberry Pi .....	29
<b>Figura 19.</b> Actualizar Raspberry Pi .....	29
<b>Figura 20.</b> Instala Apache2.....	29
<b>Figura 21.</b> Cambiar de directorio.....	29
<b>Figura 22.</b> Instalación PHP.....	29
<b>Figura 23.</b> Reiniciar Apache2.....	29
<b>Figura 24.</b> Instala MySQL Server. ....	29
<b>Figura 25.</b> Código de aseguración de instalación.....	30
<b>Figura 26.</b> Finalización de instalación.....	30
<b>Figura 27.</b> Reiniciar Apache2.....	30
<b>Figura 28.</b> Creación de usuario.....	31
<b>Figura 29.</b> Instalar phpMyAdmin. ....	31
<b>Figura 30.</b> Configuración de base de datos. ....	31
<b>Figura 31.</b> Escribir contraseña.....	31
<b>Figura 32.</b> Extensión PHP MySQLi. ....	31
<b>Figura 33.</b> Interfaz Web phpMyAdmin.....	32
<b>Figura 34.</b> Interfaz phpMyAdmin.....	32
<b>Figura 35.</b> Cambio permiso. ....	32
<b>Figura 36.</b> Modelo Entidad Relación.....	33
<b>Figura 37.</b> Modelo Relacional .....	33
<b>Figura 38.</b> Implementación Base de Datos .....	33
<b>Figura 39.</b> Código de envío de datos temperatura, humedad, presión atmosférica y caudal.....	34
<b>Figura 40.</b> Código de envío de datos de velocidad del viento.....	34
<b>Figura 41.</b> Código de recepción de datos temperatura, humedad, presión atmosférica y caudal.....	35
<b>Figura 42.</b> Código de recepción de datos de velocidad del viento.....	35
<b>Figura 43.</b> Código de muestreo de datos prueba. ....	36

<b>Figura 44.</b> Vista principal Sistema Web.....	36
<b>Figura 45.</b> Código de Vista principal .....	37
<b>Figura 46.</b> Validación de usuario.....	37
<b>Figura 47.</b> Código de la vista de validación. ....	38
<b>Figura 48.</b> Panel de opciones.....	38
<b>Figura 49.</b> Código del Panel de opciones. ....	39
<b>Figura 50.</b> Actualización de Datos del Usuario.....	39
<b>Figura 51.</b> Código de actualización de datos usuario. ....	40
<b>Figura 52.</b> Cambio de Contraseña. ....	40
<b>Figura 53.</b> Código de cambio de contraseña. ....	41
<b>Figura 54.</b> Foto de perfil.....	41
<b>Figura 55.</b> Código de foto de perfil. ....	42
<b>Figura 56.</b> Análisis estadístico vista principal.....	42
<b>Figura 57.</b> Código de análisis estadístico. ....	43
<b>Figura 58.</b> Comparación del análisis estadístico. ....	43
<b>Figura 59.</b> Código de comparación de análisis estadístico.....	44
<b>Figura 60.</b> Histogramas de información climatológica. ....	44
<b>Figura 61.</b> Código de visualización de histogramas.....	45
<b>Figura 62.</b> Resumen estadístico.....	45
<b>Figura 63.</b> Código de resumen estadístico.....	46
<b>Figura 64.</b> Análisis correlacional.....	46
<b>Figura 65.</b> Código análisis correlacional. ....	47
<b>Figura 66.</b> Gráfica Ajuste de curvas lineal. ....	47
<b>Figura 67.</b> Resumen Ajuste de curvas lineal. ....	47
<b>Figura 68.</b> Código Ajuste de curvas lineal. ....	48
<b>Figura 69.</b> Gráfica Ajuste de curvas cuadrática.....	48
<b>Figura 70.</b> Resumen Ajuste de curvas cuadrática.....	49
<b>Figura 71.</b> Código Ajuste de curvas cuadrática.....	49
<b>Figura 72.</b> Código Ajuste de curvas cubica.....	50
<b>Figura 73.</b> Resumen Ajuste de curvas cubica.....	50
<b>Figura 74.</b> Código Ajuste de curvas cuadrática.....	50
<b>Figura 75.</b> Parte de datos temperatura, humedad, presión atmosférica y caudal.....	51
<b>Figura 76.</b> Parte de datos velocidad del viento.....	51
<b>Figura 77.</b> Parte de datos de precipitación.....	52
<b>Figura 78.</b> Parte de datos de movimiento telúrico.....	52
<b>Figura 79.</b> Muestra de datos recolectados base de datos .....	53
<b>Figura 80.</b> Muestra de datos recolectados archivo .php .....	53
<b>Figura 81.</b> Verificación de envío de datos.....	54
<b>Figura 82.</b> Análisis correlación completo.....	54
<b>Figura 83.</b> Ajuste de curvas cuadrática Temperatura – M. Telúrico Grafica. ....	55
<b>Figura 84.</b> Ajuste de curvas lineal Temperatura resumen. ....	55
<b>Figura 85.</b> Ajuste de curvas cubica Temperatura.....	56
<b>Figura 86.</b> Ajuste de curvas cubica Temperatura resumen.....	56
<b>Figura 87.</b> Grafica estadística Temperatura vs Tiempo.....	57
<b>Figura 88.</b> Grafica estadística Humedad relativa vs Tiempo .....	57
<b>Figura 89.</b> Grafica estadística Presión atmosférica vs Tiempo .....	58
<b>Figura 90.</b> Grafica estadística Caudal vs Tiempo.....	58

<b>Figura 91.</b> Histograma Temperatura.....	60
<b>Figura 92.</b> Histograma Humedad Relativa .....	61
<b>Figura 93.</b> Presión Atmosférica.....	61
<b>Figura 94.</b> Histograma Caudal.....	62
<b>Figura 95.</b> Grafica al azar temperatura .....	65
<b>Figura 96.</b> Grafica al azar Humedad Relativa .....	66
<b>Figura 97.</b> Grafica al azar Presión Atmosférica .....	66
<b>Figura 98.</b> Grafica al azar Caudal.....	67
<b>Figura 99.</b> Histograma frecuencia Temperatura.....	68
<b>Figura 100.</b> Histograma frecuencia Humedad Relativa .....	69
<b>Figura 101.</b> Histograma frecuencia Presión Atmosférica.....	69
<b>Figura 102.</b> Histograma frecuencia Caudal .....	70
<b>Figura 103.</b> Grafica de Temperatura vs Tiempo .....	74
<b>Figura 104.</b> Grafica de Humedad Relativa vs Tiempo .....	74
<b>Figura 105.</b> Grafica de Presión atmosférica vs Tiempo .....	75
<b>Figura 106.</b> Grafica de Caudal vs Tiempo.....	75
<b>Figura 107.</b> Histograma Temperatura.....	77
<b>Figura 108.</b> Histograma Humedad Relativa .....	78
<b>Figura 109.</b> Histograma Presión atmosférica .....	78
<b>Figura 110.</b> Histograma Caudal.....	79
<b>Figura 111.</b> Correlación Bi-Variada de Pearson de Presión Atmosférica y Temperatura .....	81
<b>Figura 112.</b> Correlación Bi-Variada de Spearman de Caudal y Humedad Relativa .....	82
<b>Figura 113.</b> Motor de DC - 1.5 a 5v .....	103
<b>Figura 114.</b> Hélice Cazoleta .....	104
<b>Figura 115.</b> Diferentes Voltajes que arroja el Anemómetro.....	105

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Parte de la programación de envío de datos temperatura, humedad relativa y presión atmosférica en Arduino.....	91
<b>Anexo 2.</b> Parte de la Programación de envío de datos pluviómetro en Arduino. ....	92
<b>Anexo 3.</b> Parte de la programación de envío de datos sismógrafo en Arduino .....	93
<b>Anexo 4.</b> Parte de la programación de envío de datos velocidad viento en Arduino.....	94
<b>Anexo 5.</b> Programación de recepción de datos temperatura, humedad relativa y presión atmosférica en phpMySql en Raspberry Pi. ....	95
<b>Anexo 6.</b> Programación de recepción de datos pluviómetro en phpMySql en Raspberry Pi.....	96
<b>Anexo 7.</b> Programación de recepción de datos sismógrafo en phpMySql en Raspberry Pi.....	97
<b>Anexo 8.</b> Programación de recepción de datos velocidad del viento en phpMySql en Raspberry Pi. ....	98
<b>Anexo 9.</b> Programación de muestra de datos recolectados en phpMySql en Raspberry Pi.....	99
<b>Anexo 10.</b> Datos de Muestra para cada una de las variables .....	100
<b>Anexo 11.</b> Datos de un día al azar, 20-11-2020, tomado de la Población de Datos para cada una de las Variables.....	101
<b>Anexo 12.</b> Datos Promedios Diarios tomados de la Muestra de Datos para cada una de las Variables .....	102
<b>Anexo 13.</b> Construcción de Anemómetro .....	103
<b>Anexo 14.</b> Carta de aprobación EcoSur .....	106
<b>Anexo 15.</b> Carta de aval de la fundación EcoSur.....	107
<b>Anexo 16.</b> Presupuesto para la elaboración del sistema de web .....	108

## RESUMEN

En este proyecto de investigación se desarrolló un sistema web que recolecta, transmite y procesa mediante un análisis estadístico no paramétrico los datos climatológicos generados por la central meteorológica Yanarumi ubicada en la provincia de Chimborazo, Cantón Guano, Parroquia Valparaíso y de propiedad de la Fundación EcoSur-Ecuador. Para este proceso los datos que son generados por la estación son almacenados en el gestor de base datos MySQL e instalado dentro de un dispositivo Raspberry Pi. Este ordenador se encuentra programado con el propósito de transferir en tiempo real, a través de una señal de internet disponible en la estación, los datos que se generan cada 30 minutos. Luego, el sistema de análisis estadístico instalado en la sede de la fundación EcoSur-Riobamba, recibe los datos enviados por el ordenador utilizando una técnica de extracción de información llamada Web Scraping y procede a realizar el respectivo análisis con cada uno de ellos automáticamente.

Esta investigación se encuentra dividida en cuatro capítulos: En el Primer Capítulo están el planteamiento del problema y los objetivos que integran la investigación. El Segundo Capítulo abarca el marco teórico necesario para el desarrollo del Sistema. El Tercer Capítulo se explica el desarrollo de la metodología que se utiliza en el proyecto. Finalmente, el Cuarto Capítulo integra los datos enviados con su respectivo análisis de correlación Spearman y un ajuste de curvas, así como las conclusiones con sus respectivas recomendaciones producto de este proceso.

**Palabras clave:** Estación Meteorológica, MySQL, RaspberryPi, Web Scraping, Estadística no Paramétrica.

## ABSTRACT

In this research project, a web system was developed that collects, transmits, and processes through a non-parametric statistical analysis of the climatological data generated by the Yanarumi meteorological station located in the province of Chimborazo, Canton Guano, Valparaiso Parish and owned by the EcoSur-Ecuador Foundation.

For this process, the data generated by the station are stored in the MySQL database manager and installed inside a Raspberry Pi device. This computer is programmed to transfer in real-time through an internet signal available at the station, the data generated every 30 minutes. Then, the statistical analysis system installed at the headquarters of the EcoSur-Riobamba Foundation receives the data sent by the computer using an information extraction technique called Web Scraping and proceeds to perform the respective analysis with each of them automatically.

This research has four chapters: The problem statement and the objectives of the research are in the First Chapter. The second chapter covers the theoretical framework necessary for the development of the system. The third chapter explains the development of the methodology used in the project. Finally, the Fourth Chapter integrates the data submitted with their respective Spearman correlation analysis and curve fitting, as well as the conclusions with their recommendations resulting from this process.

**Keywords:** Weather Station, MySQL, RaspberryPi, Web Scraping, Non Parametric Statistics.

Reviewed by:  
Mgs. Marcela González Robalino  
**English Professor**  
c.c. 0603017708

## INTRODUCCION

En la Universidad de Alejandría se realizó el estudio del paradigma de computación flexible en inteligencia artificial que es utilizado por investigadores para monetizar estaciones meteorológicas por lo cual se utilizó el modelo neuro-difuso para el análisis de patrones de lluvia en el verano en cinco estaciones meteorológicas en la provincia de Sindhi – Egipto, las fluctuaciones de datos son visualizadas mediante una aplicación realizada en MatLab y utilizando gráficas estadísticas. (Bukhari & Sulaiman, 2020)

En Canadá se realizó el estudio de algoritmos de generador de tiempo mejorado para simulación multisita de precipitación y temperatura. Se utilizaron generadores meteorológicos que son herramientas de simulación estocásticas que se usan comúnmente para producir climas sintéticos utilizando datos de entrada. Se han desarrollado varios modelos semiparamétricos abierto para superar algunas de las limitaciones de los modelos paramétricos. Al utilizar generadores meteorológicos se puede realizar análisis de datos climatológicos tomados en cualquier estación meteorológica. (King & McLeod, 2015)

La información suministrada por las estaciones meteorológicas es vital para monitorear el cambio climático, el comportamiento de las cuencas hidrográficas y en la determinación de recursos eólicos y solares, así como en el establecimiento de políticas relacionadas con el medio ambiente (Mendoza & Rojas, 2016). El registro permanente de variables climáticas durante largos periodos de tiempo en zonas remotas o inhóspitas, sin contar con la presencia de un personal capacitado que se encargue de proporcionar datos meteorológicos con el menor porcentaje de error (Pardo & Castellanos, 2017).

La central Yanarumi, propiedad de EcoSur-Ecuador tiene como finalidad el monitoreo meteorológico en el ecosistema páramo del sector de Yanarumi en la comunidad de Valparaíso del cantón Guano, para el estudio, recolección y aprovechamiento del agua dulce.

En la actualidad no se puede analizar y visualizar esta importante información meteorológica con actualización a intervalos de tiempo regulares, por lo que se plantea brindar el acceso de la información recolectada a través de un sitio web en el que los datos son recolectados mediante dispositivos instalados de forma local. Esto obliga a un traslado al sitio para extraer los datos de forma manual (lo que no es una práctica adecuada

puesto que se desperdician recursos valiosos como: humanos, materiales y tiempo), por la ubicación de la estación esto resulta ser complicado debido la distancia que se debe recorrer, además de las inclemencias del tiempo y lo irregular del terreno, genera cierto riesgo para las personas.

Se considera una alternativa de solución el desarrollo de un sistema web para tener información continua de la estación desde cualquier lugar a través de internet. La información que se obtendrá correspondiente a la temperatura ambiental, humedad relativa ambiental, caudal del agua almacenada, velocidad local del viento en tiempo real. Con esta información se realizará un análisis estadístico de datos en el software R, el cual analizarán los datos desde un punto de vista descriptivo a más de la generación de gráficas, un ajuste de curvas y un análisis correlacional bivariado.

El objetivo del proyecto es analizar datos climatológicos tomados de la Estación Meteorológica de Valparaíso como parte del proyecto integral “Agua, conservación del Páramo y mejoramiento de calidad de vida y de vivienda en sectores vulnerables del Cantón Guano” llevado a cabo por la fundación EcoSur, en el Ecuador, desde el año 2012. Para este procedimiento se utilizará el software estadístico R y los resultados se mostrarán en tiempo real con una actualización a intervalos de 30 min. Una vez que los datos sean procesados, los beneficiarios directos que son alrededor de 200 familias tomaran una decisión para la creación de nuevos proyectos de desarrollo como la conservación del ecosistema Páramo, la recolección, almacenamiento y distribución del Agua proyectos de turismo comunitario y participativo, además de proyectos puntuales en agricultura rotativa y vivienda en la Comunidad Valparaíso del Cantón Guano.

El presente documento está estructurado de la siguiente manera: En el capítulo I se describe el planteamiento del problema, capítulo II se encuentra el marco teórico que permite conocer los conceptos relacionados de la temática abordada, en el capítulo III se plasma la metodología a utilizada para el desarrollo del del Sistema Web de Análisis de Información Climatológica y finalmente en el capítulo IV se encuentran los resultados de evaluar el margen de error de los datos generados por el sistema utilizando el Software Estadístico R, para finalizar con las conclusiones hechas durante esta investigación.

## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Problema y Justificación

##### 1.1.1. Problema

La fundación ECOSUR – Ecuador de la ciudad de Riobamba tiene implementada una Estación meteorológica en la comunidad de Valparaíso del Cantón Guano, con el fin de recopilar datos climatológicos como: Temperatura, Humedad relativa, Presión Atmosférica, Caudal, Movimiento Telúrico y velocidad del viento, etc. Que se generan cada 30 min en ese lugar, estos datos se encuentran almacenados dentro de un archivo plano en una memoria microSD integrada en la misma estación. Esta recolección almacenada no dispone de ningún tipo de análisis estadístico previo. Para que el usuario haga uso de esta información recolecta deberá trasladarse al lugar de origen. Implicado dificultades en el traslado, sea por: transporte, tiempo, clima, economía, etc.

##### 1.1.2. Justificación

Por tal motivo surgió la necesidad de desarrollar un Sistema Web de Análisis Estadístico permite el acceso por medio de internet a la información climatológica que se genera en tiempo real sin importar la ubicación, esta información generada cada 30 minutos en la estación meteorológica se encuentra almacenada en una base de datos diseñada en MySQL. Una vez realizado todo este procedimiento, el Sistema Web establecerá una conexión con la base datos, utilizando una dirección Ip y su respectivo puerto con el fin de realizar un análisis correlacional detallado y un ajuste de curvas con las variables almacenadas. Esto ayudaría tomar decisiones sobre estudios de impacto sociales, proyectos de inversión con énfasis el en costo-beneficio, fuentes de ingreso, como por ejemplo los cultivos inteligentes en diferentes sectores geográficos del país, así como en sectores: salud, vivienda y desarrollo sostenible. Este procedimiento es complicado utilizando estaciones meteorológicas comunes, deduciendo que los usuarios del Sistema de Análisis Estadístico tendrán garantías en la recolección y análisis de datos climatológicos.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

Desarrollar el sistema web de análisis de información climatológica para la central meteorológica Yanarumi utilizando el software estadístico R.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Investigar herramientas informáticas para la gestión y transferencia de datos en tiempo real integrado con estaciones meteorológicas.
- Desarrollar un sistema web para el registro, análisis estadístico y visualización de datos climatológicos de la Central de Yanarumi.
- Realizar un análisis estadístico descriptivo, una representación gráfica, un ajuste de curvas, un análisis correlacional bivariado y una evaluación del margen de error con los datos climatológicos del sistema web de la Central de Yanarumi, utilizando el software estadístico R

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1. Medio Ambiente

Se puede considerar al medio Ambiente como el conjunto de elementos equilibrados que engloban la vida, naturaleza, elementos artificiales, sociedad y culturas que coexisten en un mismo espacio y tiempo predeterminado (International Strategy for Disaster Reduction, 2018) . Por lo tanto, se establece que el medio ambiente es el área acondicionada para la vida de diversos seres vivos donde se contemplan elementos naturales como el suelo, agua, aire, fuego y rayo, además de factores sociales, como son los seres humanos y finalmente también se contempla elementos abióticos o también conocidos como elementos artificiales (RSS, 2019).

##### 2.1.1. Ecosistemas Naturales

Para fines del presente documento se denominará al ecosistema como el conjunto de organismos vivos que se relacionan entre sí en función del medio físico ya sea este surgimiento de manera natural o espontanea, siendo esta desarrollada en la naturaleza sin la intervención del hombre (RSS, 2019).

##### 2.1.1.1. Tipos de Ecosistemas Naturales

Según Jose Pineda (Pineda, 2016), se establece una clasificación o división de los ecosistemas naturales de entre los cuales tenemos:

- **Ecosistema Terrestre:** Se refiere a los seres vivos que se desarrollan en la tierra o sueles como las sabanas o selvas.
- **Ecosistema Acuático:** Se refiere al desarrollo de diferentes cuerpos dentro del agua, ya sea estos mares, océanos o costas.
- **Ecosistema Mixto:** Se refiere a la transición y combinación de los anteriores como los humedales.

##### 2.1.2. Climatología

La curiosidad humana por tratar de entender todo lo que nos rodea dio como resultado el estudio de la atmosfera y los fenómenos que tienen lugar en ella, dado el caso existen dos formas distintas y complementarias entre si al conocimiento de la atmosfera por lo que existe la meteorología y la climatología (Albentosa, 1976).

La Climatología estudia las condiciones medias de la atmosfera y las características medias de los meteoros, es decir que estudia el clima y sus variaciones a lo largo del tiempo. Siendo este estudio importante debido a que permite tomar medidas correctivas a tiempo o en el mejor de los casos en comprender los posibles futuros climatológicos del planeta Tierra (Sala & Batalla, 1999).

#### **2.1.2.1. Elementos Climatológicos**

Según (Sala & Batalla, 1999) y el portal (Navarra.es, 2015), el tiempo atmosférico es la combinación de los parámetros de temperatura. Precipitación, viento, humedad, presión y nubosidad, los cuales se denominan elementos del clima y los factores del clima los cuales dan lugar a los distintos tipos de clima, siendo así es necesario conocer por separado cada uno de los elementos climatológicos.

- **Presión Atmosférica:** Es el peso de la columna de aire sobre una unidad de superficie, se expresa en Pascales, en el cual se establece la fuerza sobre metros cuadrados expresando en Hectopascal generalmente, dicha presión desciende con la altitud.
- **Precipitación:** Se establece el estudio de la caída del agua contenida en la atmosfera hacia el suelo, puede ser en forma de agua, nieve, rocío y se produce cuando la atmosfera no puede contener más agua y esta se condensa y se precipita, se mide por medio de litros sobre metros cuadrados o su medida equivalente milímetros de altura de agua caída, dicha medida es obtenida por medio de un pluviómetro.
- **Temperatura:** Es la cantidad de energía calórica que posee el aire en un momento determinado, el cual se mide por medio de termómetros usando grados Celsius y determinando las sensaciones de calor y frio, los grados Fahrenheit son usados en los Estados Unidos.
- **Velocidad del Viento:** Se refiere al movimiento del aire en la atmosfera la cual se desplaza desde las zonas de altas presiones a las bajas presiones, a pesar que este movimiento tiene lugar en las tres dimensiones del espacio, en meteorología se mide solo la velocidad y dirección de su componente en el plano horizontal, la velocidad se mide por medio del anemómetro en metro por segundo y la dirección en grados

- **Humedad:** Para el conocimiento de la humedad se debe conocer sobre la humedad absoluta y la relativa, para lo cual se establece que la humedad absoluta es la cantidad de vapor de agua presente en el aire y se mide en gramos por metro cubico, y la humedad relativa se refiere a la cantidad de vapor de agua que contiene el aire y la máxima cantidad de vapor de agua que puede contener una determinada temperatura.
- **Nubosidad:** Es la fracción del cielo cubierta por nubes observadas en un determinado lugar en el que se divide el espacio celeste en ocho partes y la nubosidad se mide en octas, que va de 0 a 8 en escala.

### 2.1.2.2. Métodos de Estudio en Climatología

Según Sala y Batalla (Sala & Batalla, 1999), se considera tradicionalmente tres métodos fundamentales en la ciencia climatológica.

- **Climatología Analítica:** Se basa en el análisis estadístico de las características climáticas que se consideran más significativas, por lo que se trata en síntesis en establecer los valores medios de los elementos atmosféricos y establecer la probabilidad de que se alcance determinados valores extremos.
- **Climatología Dinámica:** Se trata de proporcionar una visión dinámica y de conjunto de las manifestaciones cambiantes que se registran en la atmosfera como una unidad física por lo que se propone una explicación matemática de la atmosfera mediante leyes de la clásica mecánica de fluidos y de los principios de la termodinámica.
- **Climatología Sinóptica:** Se basa en el análisis de la configuración de los elementos atmosféricos en un espacio tridimensional y unas horas concretas y de su evolución, esto se produce a partir del análisis en el que se pretende descubrir leyes empíricas para incrementar el conocimiento existente sobre la atmosfera.

### 2.1.3. Meteorología

La meteorología es la ciencia que estudia los fenómenos que ocurren a corto plazo en las capas de la atmosfera es decir donde se desarrolla la vida, refiriéndose a las plantas y animales. Se puede establecer que también estudia los cambios atmosféricos que se producen a cada momento utilizando parámetros como son los elementos climatológicos (Donn, 1978).

### 2.1.3.1. Ramas de la Meteorología

Según el Libro de Meteorología escrita por Donn William (Donn, 1978) y el artículo escrito por Uriarte (Uriarte, 2020) en el portal web características.co, se establecen las siguientes ramas de la meteorología.

- **Meteorología Sinóptica:** Se dedica a la predicción del clima futuro haciendo uso de la observación continua y en tiempo real de la atmosfera, tomando anotaciones en mapas geográficos y estudiando el mejor modo de representar la información para su consumo generalizado.
- **Micrometeorología:** Posee un enfoque más amplio que la Sinóptica, por lo que aspira a contemplar el clima en el planeta completo, comprendido como un sistema de movimientos y repercusiones a nivel global.
- **Mesometeorología:** Se refiere al estudio de las condiciones meteorológicas a la escala media, por lo que se entiende en la capa intermedia de la atmosfera entre los pocos kilómetros y los 2000 kilómetros de altura.
- **Hidrometeorológica:** Consiste en un enfoque meteorológico concentrado en las dinámicas del agua en la atmosfera, entiéndase estas como, lluvias, nevadas, vapor atmosférico. etc.

Exististe muchas variantes de la meteorología aplicado a varias áreas puntuales de la humana, como son la meteorología aeronáutica, agrícola marítima etc.

### 2.1.3.2. Estaciones Meteorológicas

Para realizar los estudios meteorológicos se necesita un lugar para ser llevado acabado, por lo que la meteorología posee muy poco equipamiento propio de laboratorio, pero si grandes cantidades de equipamiento de campo, por lo que las estaciones meteorológicas se tratan de laboratorios predestinados al registro constante de condiciones atmosféricas de una región (Uriarte, 2020). Por lo que están equipados con diversiones instrumentos de medición, los cuales se listan a continuación:

- **Anemómetro:** Utilizado para medir la velocidad del viento
- **Veleta:** Es utilizada para indicar la dirección del viento en base a los puntos cardinales.
- **Barómetro:** Se utiliza para medir la presión atmosférica.
- **Heliógrafo:** Se utiliza para registrar la cantidad de energía solar

- **Higrómetro:** Es utilizado para medir la humedad ambiental.
- **Pluviómetro:** Usado para medir la cantidad de lluvia caída.
- **Termómetro:** Utilizado para medir la temperatura ambiental.

### 2.1.3.3. INAMHI

Nombrado como el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, es la entidad técnica-científica en el Ecuador responsable la generación y difusión de la información hidrometeorológica que sirve de sustento para la formulación y evaluación de planes de desarrollo nacional y la realización de investigaciones en los sectores estratégicos y en una adecuada utilización de las nuevas tecnologías de la automatización, información y comunicación (Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, 2014).

Dentro de los servicios con los que cuenta el INAMHI es la Red Nacional de Observación Hidrometeorológica. la cual cuenta con la misión de planificar, dirigir y gestionar la Red Hidrometeorológica Nacional con el fin de garantizar la generación de datos básicos cumpliendo estándares de calidad, para la alimentación de dicha información es necesario ser alimentada por medio de las Centrales Meteorológicas a Nivel Nacional (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2018).

## 2.2. Sensores Meteorológicos

En el estudio de la Climatología y Meteorología se establecieron un conjunto de herramientas necesarias para las estaciones climatológicas, entre los cuales el uso de sensores es de vital importancia dividiéndose entre sensores electrónicos, de temperatura y los componentes necesarios para el sistema de recolección de datos.

### 2.2.1. Sensores Electrónicos

Se considera a un dispositivo que está capacitado para detectar estímulos, con el fin de captar información del ambiente que nos rodea. El sensor electrónico se encarga de medir magnitudes físicas y transformarlas a estímulos eléctricos capaces de ser entendido por un microcontrolador (Guimerans, 2018). En la Figura 1 se muestra el funcionamiento básico de un sensor electrónico.



**Figura 1:** Sensor Electrónico

**Fuente:** ¿Que es un sensor?, Tipos y diferencias (Guimerans, 2018)

En la Tabla 1, se muestra las características de los sensores electrónicos, por lo que en la presente tabla se describe a continuación las características de los sensores.

**Tabla 1.** Características de los Sensores

<i>Característica</i>	<i>Descripción</i>
<b>Rango de Medida</b>	Se refiere al dominio en la magnitud medida en el que se puede aplicar el sensor
<b>Precisión</b>	Se considera al error de medición máximo en la escala esperada
<b>Offset o Desviación de cero</b>	Es un valor cambiante en la salida cuando el valor de entrada es nulo
<b>Sensibilidad de un sensor</b>	Se refiere a la magnitud entre la variación de la entrada con la salida
<b>Resolución</b>	Se refiere a la mínima variación de la magnitud de entrada que se detecta al momento de la salida
<b>Rapidez de Respuesta</b>	Se refiere a un tiempo ya este fijo o variable al momento de la entrada y salida
<b>Derivas</b>	Se refiere a otras magnitudes diferentes a las de entrada que influyen en la salida

Elaborado por: (Guimerans, 2018)

### 2.2.2. Sensores de Temperatura

Para el estudio de la temperatura es necesario conocer los sensores especializados para el estudio los cuales son, los sensores de humedad, temperatura y presión atmosférica los cuales son dispositivos que transforman los cambios de temperatura a impulsos electrostáticos que son leídos por los microprocesadores. (Guimerans, 2018). En la Figura 2 se muestra los sensores de temperatura necesarios para los estudios climatológicos.



**Figura 2:** Sensor de Temperatura / Sensor Barométrico  
**Fuente:** ¿Que es un sensor?, Tipos y diferencias (Guimerans, 2018)

Para tener una mejor comprensión de cada uno de estos sensores atmosféricos se establece la Tabla 2, en la que se describe el tipo de sensor, el nombre de este, y una descripción corta acerca del sensor.

**Tabla 2.** Sensores de Temperatura (Descripción)

<b>Tipo de Sensor</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
<b>Temperatura / Humedad</b>	<b>DTH21</b>	Es un sensor digital de temperatura y humedad relativa que integra un sensor capacitivo de humedad, un termistor y un microcontrolador encargado de realizar la conversión analógica a digital, siendo usado en aplicaciones para el exterior. El sensor DHT21 es muy sencillo su integración a nivel de hardware y software, debido a que dispone de librerías para Arduino con soporte para el protocolo “Single bus” y de tener el algoritmo OTP para el almacenamiento de memoria asegurando alta estabilidad y fiabilidad a lo largo del tiempo (Naylamp Mechatronics SAC, 2018).
<b>Atmosférico</b>	<b>BMP180</b>	El sensor de presión barométrica permite medir la altura respecto al nivel del mar, su funcionamiento está basado en la relación, entre presión del aire y la altitud. El BMP180 posee una alta precisión y un bajo consumo de energía. Ofrece un rango de medición desde 300 a 1100 hPa, con una precisión absoluta de hasta 0,03 hPa. Lo que mide el sensor BMP180 es la presión absoluta (Barométrica) y la temperatura, al sensor la temperatura podemos compensar su influencia en la presión y así determinar con mayor exactitud la altitud. (Naylamp Mechatronics SAC, 2019).

**Elaborado por:** Autores.

### 2.2.3. Sensor de Caudal

Para el estudio del caudal es necesario conocer los sensores especializados para el estudio los cuales utilizan diferentes principios de medición, al recoger las velocidades del flujo de aire o líquidos. Los sensores de caudal para líquidos funcionan por ejemplo sobre la base de ultrasonidos. (Ibérica, 2019) En la Figura 3 se muestra un sensor de caudal de los estudios climatológicos.



**Figura 3.** Sensor de caudal  
**Fuente:** Sensores de caudal. (Ibérica, 2019)

Para tener una mejor comprensión del sensor de caudal se establece la Tabla 3, en la que se describe el tipo de sensor, el nombre de este, y una descripción corta acerca del sensor.

**Tabla 3.** Sensor de Caudal (Descripción)

<i>Tipo de Sensor</i>	<i>Nombre</i>	<i>Descripción</i>
<b>Flujo (Caudalímetro)</b>	<b>YF-S201</b>	Un sensor de flujo es usado para la medición de caudal o gasto volumétrico de un fluido. El sensor de agua YF-S201 sirve para medir el caudal de agua en tuberías, también puede ser empleado con otros líquidos de baja viscosidad. Es un caudalímetro electrónico de tipo turbina compatibles con Arduino, Pic, Raspberry y Pi, PLCs (Naylamp Mechatronics SAC, 2020).

**Elaborado por:** Autores.

#### **2.2.4. Sensores de Lluvia**

Para el estudio de la cantidad de lluvia es necesario conocer los sensores especializados para el estudio, los cuales utilizan a menudo de formas diferentes: de lluvia, de agua, de nieve, pluviómetro, etc. Al existir diversos modelos, estos siempre se tratan del mismo sensor, una placa con un circuito impreso en forma de serpentina y dos conectores. (Arduino, Proyectos con Arduino, 2021) En la Figura 4 se muestra un sensor de lluvia.



**Figura 4.** Pluviómetro Estación Yanarumi

**Fuente:** Autores

Para tener una mejor comprensión del sensor de precipitación se establece la Tabla 4, en la que se describe el tipo de sensor, el nombre de este, y una descripción corta acerca del sensor.

**Tabla 4.** Sensor de Lluvia (Descripción)

<i>Tipo de Sensor</i>	<i>Nombre</i>	<i>Descripción</i>
<b>Pluviómetro</b>	HX711	Un transmisor entre las celdas de carga y un microcontrolador como Arduino, permitiendo leer el peso en la celda de manera sencilla. Es compatible con las celdas de carga de 5kg, 20kg y 50kg. Utilizado en sistemas de medición automatizada, procesos industriales, industria médica. (Fernandez, 2019)

**Elaborado por:** Autores.

### 2.2.5. Sensor de Viento

Para el estudio del viento es necesario conocer los sensores especializados para el estudio, los cuales miden la velocidad y dirección del aire en tres distintos puntos de un cilindro utilizando láminas calientes en cada uno. Al combinar estos datos es posible calcular la dirección y velocidad del viento. La velocidad del aire es proporcional a la corriente necesaria para mantener la lámina a una temperatura constante. (Centro de Astrobiología , 2021) En la Figura 5 se muestra un sensor de viento del estudio climatológico.



**Figura 5.** Anemómetro Estación Yanarumi

**Fuente:** Autores

Para tener una mejor comprensión del sensor de viento se establece la Tabla 5, en la que se describe el tipo de sensor, el nombre de este, y una descripción corta acerca del sensor.

**Tabla 5.** Sensor de Viento (Descripción)

<i>Tipo de Sensor</i>	<i>Nombre</i>	<i>Descripción</i>
<b>Anemómetro</b>	Anemómetro de rotación o de primera clase	Su diseño permite registra la velocidad y dirección del viento horizontalmente. Su función es evaluar la velocidad del viento en el lugar que este instalado el sistema. (DILUS, 2018) <b>(Ver Anexo 13)</b>

**Elaborado por:** Autores.

### **2.3.Análisis de Datos**

Se refiere a un proceso que permite conocer e interpretar información con el fin de obtener puntos de valor, también se la conocer como la ciencia que se encarga de examinar un conjunto de datos con el fin de obtener una conclusión sobre una información con el fin de tomar decisiones o simplemente ampliar los conocimientos sobre diversos temas. En la actualidad muchas industrias usan el análisis de datos para decidir acciones a implementar, siendo usado en los campos más frecuentes como son Mercadotecnia, Recursos Humanos, Académicos e Informáticos. Necesitando para este último los dos tipos de análisis de datos, los cuales son Cualitativos centrado en las opiniones, actitudes y creencias y Cuantitativos centrado en los datos e información contable (Software para encuestas QuestionPro, 2017).

#### **2.3.1. MapReduce**

A lo largo del tiempo el almacenamiento de datos ha ido cambiando por lo que existe los procesos Hadoop, el cual se trata de acercar el procesamiento al lugar donde se encuentra almacenado los datos, y de esa forma sacar provecho a diferentes técnicas como son de paralelización, escalabilidad y rendimiento de sistemas con una gran cantidad de datos (Nuñez & García, 2016).

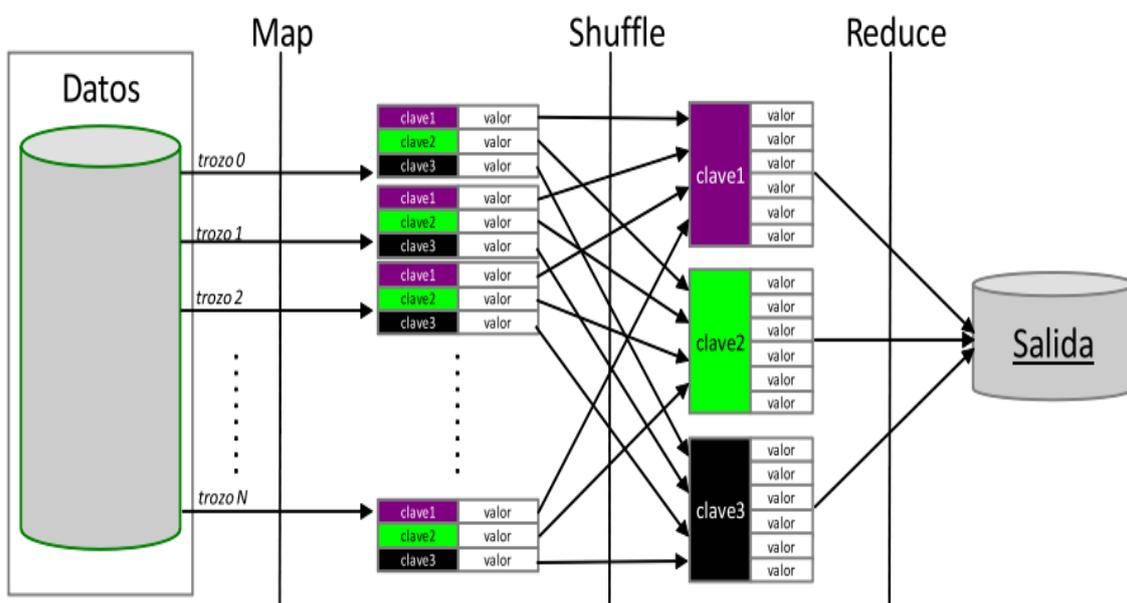
#### **2.3.2. Hadoop MapReduce**

Es un paradigma de procesamiento de datos caracterizado por dividirse en dos fases los cuales son Map (Mapear) y Reduce (Reducir), estos subprocesos asociados a la tarea determinada se ejecutan bajo un marco distributivo en diferentes nodos de procesamiento, para controlar y gestionar la ejecución, existe el proceso de Master o Job Tracker (Maillo & Herrera, 2003).

### 2.3.2.1. Fases en Hadoop MapReduce

Según (AprenderBigData, 2021) Hadoop MapReduce se divide los datos de entrada en fragmentos independientes que son procesados por los mappers en paralelo, luego se ordenan los resultados del map, que son la entrada para los reducers, esta característica permite ejecutar las tareas de cada fragmento en el nodo donde se almacena, reduciendo el tiempo de acceso a los datos y los movimientos entre nodos del clúster (Maillo & Herrera, 2003). En la Figura 6 se muestra el funcionamiento de cada una de las fases las cuales se describen a continuación:

- **Fase Map:** se ejecuta en subtarefas llamadas mappers. Estos componentes generan pares clave-valor filtrando, agrupando, ordenando o transformando los datos originales
- **Fase Shuffle:** Dicha fase no puede ser necesaria, es el paso entre las fases Map y Reduce que ayuda a recoger los datos y ordenarlos de manera conveniente para el proceso, con el fin de agregar las ocurrencias repetidas en cada uno de los mappers.
- **Fase Reduce:** Cumple con la función de gestionar la agregación de los valores producidos por todos los mappers del sistema de tipo clave-valor en función de su clave. Por último, cada reducer genera su fichero de forma independiente.



**Figura 6:** Flujo de trabajo del paradigma MapReduce

**Fuente:** Un enfoque MapReduce del algoritmo k-vecinos más cercanos para Big Data (Maillo & Herrera, 2003)

## 2.4. Análisis Estadístico

### 2.4.1. Estadística

La estadística es una disciplina de carácter científico con el objetivo de obtener, ordenar y analizar un conjunto de datos con el fin de obtener explicaciones y predicciones sobre fenómenos observables, también se considera a la estadística como un conjunto de métodos, procedimientos y formular que permiten recolectar información para luego analizarla y obtener conclusiones relevantes (Roldan, 2017).

### 2.4.2. Tipos de Estadística

Según Spiegel (Murray, 1991) en su libro “Estadística”, se establece los diferentes tipos de estadísticas, la cual se divide en dos grandes ramas las cuales se detallan a continuación:

- **Estadística Descriptiva:** Trata de los métodos de recolección, organización y representación de un conjunto de datos, con el fin de describir las características fundamentales de los datos mediante el uso de indicadores, tablas y gráficos.
- **Estadística Inferencial:** Se puede considerar un paso más allá de la simple descripción, por lo que se refiere a los métodos para realizar predicciones, generalizaciones con el fin de obtener conclusiones a partir de datos con un grado de incertidumbre existente.
  - **Estadística Paramétrica:** Da por hecho que los datos tienen una determinada distribución o se especifican determinados parámetros que deberían cumplirse
  - **Estadística No Paramétrica:** En este tipo de estudio no se puede asumir ningún tipo de distribución en los datos ni tampoco en algún parámetro específico.

## 2.5. Herramientas de Análisis y Programación

En el presente apartado se da conocer los conceptos y defunciones de las herramientas y métodos para la programación y análisis de datos.

### 2.5.1. Arduino

Es una plataforma de desarrollo de código abierto fácil de usar para aplicaciones electrónicas mediante su hardware y software. Las placas Arduino pueden leer entradas y salidas sean estas analógicas o digitales, además las placas y software al ser de código

abierto permite al usuario aportar de forma independiente y libre al desarrollo de nuevos componentes para adaptarse a sus necesidades. En la Figura 7 se muestra la interfaz gráfica del software Arduino que cuenta con menús de edición, botones de verificación, carga y monitoreo del código, editor de código y ventana de notificaciones. (Arduino, 2018)



**Figura 7.** Interfaz Gráfica de Software Arduino IDE  
**Fuente:** ¿Qué es Arduino? (Arduino, 2018)

### 2.5.1.1. ATMEGA

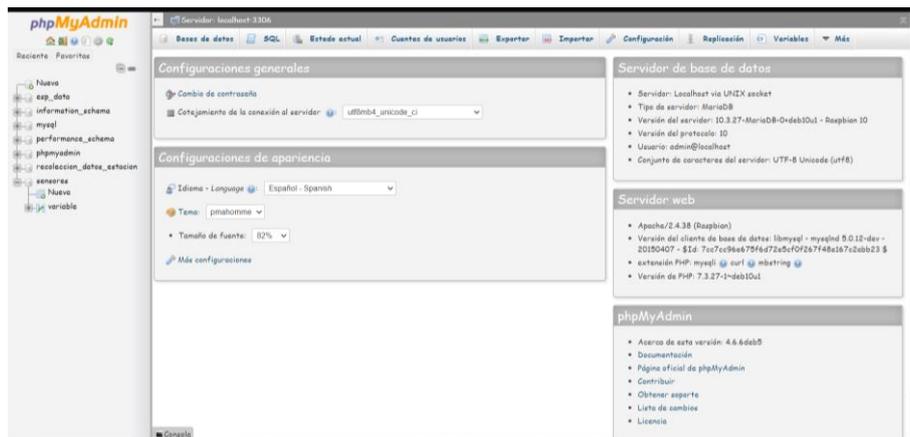
Es un circuito integrado de alto rendimiento que está basado en el microcontrolador RISC, por medio de la ejecución de poderosas instrucciones en un solo ciclo de reloj, el dispositivo alcanza una respuesta de 1 MIPS, teniendo un balance entre la energía consumida y la velocidad del proceso (Atmel, 2015). En la Figura 8 se muestra el microcontrolador ATmega328 en la tarjeta Arduino Uno.



**Figura 8.** Microcontrolador ATmega328  
**Fuente:** ATmega328P (Atmel, 2015).

## 2.5.2. MySQL

MyAdmin es una herramienta de software gratuita escrita en PHP , destinada a manejar la administración de MySQL a través de la Web. phpMyAdmin admite una amplia gama de operaciones en MySQL y MariaDB. Las operaciones de uso frecuente (administración de bases de datos, tablas, columnas, relaciones, índices, usuarios, permisos, etc.) se pueden realizar a través de la interfaz de usuario, mientras aún tiene la capacidad de ejecutar directamente cualquier declaración SQL. En la Figura 9 se visualiza la interface grafica de phpMyAdmin la cual cuenta con el listado de bases de datos y menús de acción. (Bennetch, Bansod, Ungureanu, Meneghini, & Desportes, 2020)



**Figura 9.** Ventana de phpMyAdmin  
**Fuente:** Autores

## 2.5.3. Raspberry Pi

Es un ordenador pequeño de bajo costo y tamaño compacto, que corre con sistemas operativos basados en Linux, que puede desarrollar la mayoría de las tareas típicas, de las cuales permiten desarrollar proyectos digitales. Puede ser utilizada por niños y adultos para aprender a programar y entender cómo funcionan las computadoras para programar en diferentes lenguajes como Scratch y Python. (RUS, 2019). En la figura 10 se visualiza la tarjeta Raspberry Pi 4 Computer Modelo B 4GB RAM.

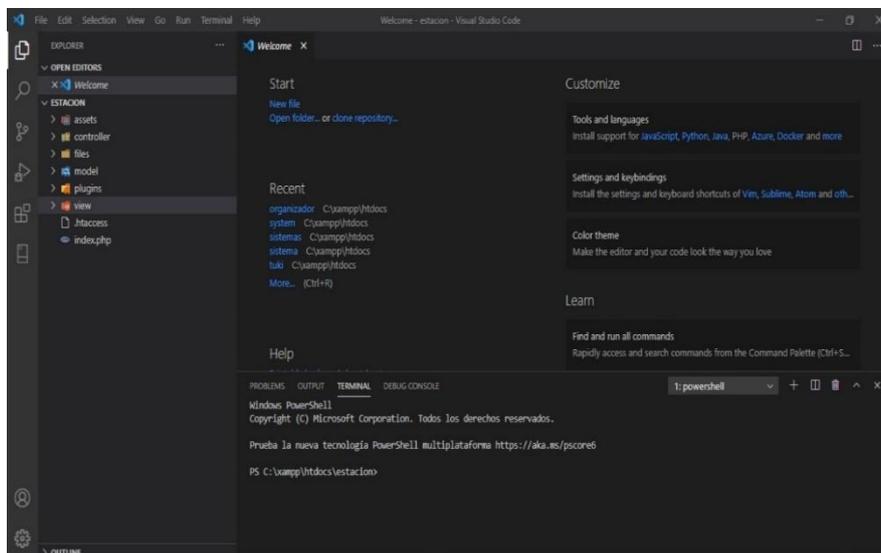


**Figura 10.** Placa Raspberry Pi 4 B+

**Fuente:** Raspberry Pi 4 es oficial: una completa actualización con procesador Cortex-A72, hasta 4 GB de RAM y desde 35 dólares. (RUS, 2019)

#### 2.5.4. Visual Studio Code

Es un editor de texto desarrollado por Microsoft para los Sistemas Operativos, Windows, Linux y MacOS, en el que cuenta con un soporte para la duración, control integrado de Git, resultado de sintaxis, finalización inteligente de código y fragmentos, además de refactorizar el código. Al ser un editor muy flexible cuenta con varios plugins en apariencia y descarga de diversos lenguajes de programación y al ser gratuito es altamente usado por desarrolladores de software. En la Figura 11 se muestra la interfaz gráfica del Visual Studio Code que cuenta con los menús de edición y la línea de comando de la terminal del sistema operativo (Microsoft, 2020).



**Figura 11.** Interfaz Gráfica de Visual Studio

**Fuente:** Autores

### 2.5.5. Software Estadístico R

Se debe conocer que R es un lenguaje de programación enfocado en la estadística y gráficos, por lo que el software estadístico R es un proyecto de licencia GNU creado por John Chambers y su equipo. R proporciona una amplia variedad de técnicas estadísticas y técnicas gráficas, uno de los puntos fuertes de R es la facilidad con la que se puede producir gráficos con calidad de publicación bien diseñados. incluidos símbolos y fórmulas matemáticas, se puede decir que al ser de licencia GNU es altamente compatible con una gran variedad de Sistemas Operativos (The R Foundation, 2015). En la Figura 12 se muestra la interfaz gráfica de RStudio en el que se muestra la pantalla general de un proyecto con un código y la ejecución de este.

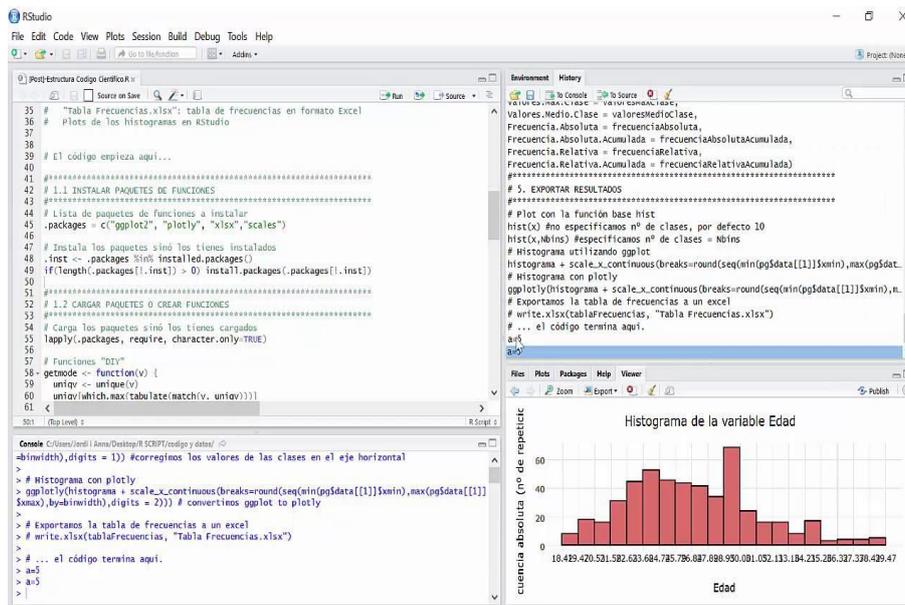


Figura 12: Interfaz Gráfica de RStudio.

Fuente: Autores

### 2.5.6. Web Scraping

Es un método que realiza un proceso de recolección y análisis de datos en gran cantidad, estos datos pueden ser de tipo numérico, textual, video e imagen. Este proceso lo realiza de manera automática y minuciosa a cuál cualquier sitio web con el que se encuentre enlazado y se desee extraer la información requerida (Brandley & James, 2019).

### 2.5.7. Shyni

Es un paquete que pertenece al software estadístico R, permite personalizar la interfaz de una aplicación web desarrollada con este software con el fin de que esta se mire más

elegante y su diseño sea más intuitivo para los usuarios (Wojciechowski & Hopkins, 2015).

### **2.5.8. GGplot**

Fue desarrollado con el concepto de Gramática de Gráficos (gg), el cual ayuda a mejorar las distintas representaciones graficas de los datos que se maneja, dentro del software estadístico R este paquete nos ayuda al diseño de gráficos estadísticos más precisos y estéticamente más agradables (Ortiz, 2019).

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA**

La presente investigación estuvo enmarcada bajo un enfoque cuantitativo, puesto que se pretendió analizar los datos atmosféricos recolectados durante un intervalo de tiempo de 3 meses en tiempo real utilizando el sistema de análisis estadístico.

#### **3.1. Tipo y diseño de Investigación**

Para llevar a cabo la implementación del sistema web de análisis de información climatológica de la Central Climatológica Yanarumi, se empleó una investigación de campo permitió recolectar todos los datos iniciales en el campo de estudio para el respectivo análisis. De la misma manera, la investigación es de tipo documental bibliográfica, compilando información de varios autores en diferentes libros, artículos científicos, revistas científicas, tesis doctorales, otros.

Finalmente, se realizó una investigación experimental, debido a que se pretendió demostrar la mejora del análisis de la información climatológica de la central meteorológica mediante el análisis estadístico realizado por el sistema web dentro del tiempo estipulado para la recolección de datos de los sensores.

#### **3.2. Población y Muestra**

La población son los datos recogidos, almacenados y enviados en y desde la estación meteorológica hasta la sede de Ecosur - Riobamba durante 2.5 años (2018-2021) con 24 datos diarios para cada una de las 4 variables. Es decir, 21900 datos para cada variable dando un total global 87600 datos.

#### **3.3. Tamaño de la muestra**

Calcular el tamaño de la muestra (o tamaño muestral) es fundamental. Una muestra más grande supone un desperdicio de recursos; una muestra más pequeña produce una pérdida en la calidad de los resultados. La ecuación para emplear depende del objetivo que se persiga (p.ej. una proporción, una media, etc.) y también depende del tamaño de la población, de si ésta es N es finita o infinita o muy grande. La elección de los parámetros

intervinientes para el cálculo han de ser determinados con base experta expresada en la siguiente fórmula.

- Fórmula

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{z^2 * p * q + (N - 1) * \varepsilon^2}$$

**Fórmula 1.** Cálculo de Tamaño de la Muestra

**n**= *Tamaño de la Muestra*

**N**= *Población (21 900)*

**p**= *Probabilidad de que un miembro de la población esté en la muestra (0.5)*

**q**= *Probabilidad de que un miembro de la población no esté en la muestra (0.5)*

**ε** = *Margen de error deseado o nivel de precisión absoluta (0.03-0.05)*

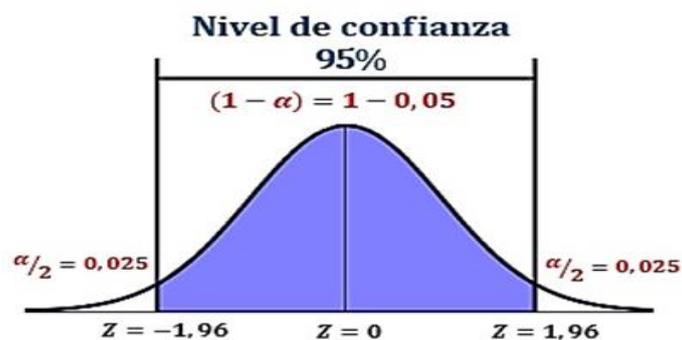
**z**= *Valor normalizado con la confiabilidad o valor de z crítico (1.96)*

Para aplicar la siguiente ecuación se debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

- El nivel de confianza (1-α) o nivel de seguridad.
- Una estimación de la proporción (p) que se quiere medir.
- El margen de error (ε) deseado.

### **El nivel de confianza**

El nivel de confianza (1-α) se refiere a la probabilidad de que el dato deseado esté dentro del margen establecido. Este parámetro lo decide el investigador. Suele ser del 95%, (α = 0,05) al que se corresponde un coeficiente de confianza **Z = 1.96**, que es el que se pone en la fórmula. Es la semidistancia estandarizada en términos de desviaciones típicas que definen ambos extremos del intervalo.



**Figura 13.** Representación del nivel de confianza.

**Fuente:** Tamaño de muestra (Serra, 2018).

Al hacer varios experimentos semejantes con el mismo tipo de muestra, el 95% de los parámetros se encontrarían dentro del margen, mientras que el 5% se encontrarían fuera de él.

Suelen emplearse el 95% y el 99%. Por lo cual se decidió trabajar con un 95% para la población de los datos de la estación meteorológica. En la siguiente tabla 6 se ve la correspondencia entre el nivel de confianza y el coeficiente de confianza:

**Tabla 6.** Nivel de confianza y el coeficiente de confianza

Nivel de confianza $Z(1-\alpha)$	90%	95%	95.50%	99%
Coeficiente de confianza	1.64	1.96	2	2.58

**Elaborado por:** Autores.

### La Estimación de la Proporción

La estimación de la proporción que se quiere medir es el tema clave. Se quiere estimar la proporción de los que cumplen la condición. El valor de esa estimación  $p$  la obtendremos de estudios anteriores. En caso contrario, se considera que la condición la cumplan un 50% y, por tanto, que no la cumplan  $q = (1 - p)$  el otro 50%. La suma de  $p$  y  $q$  siempre debe dar 1. En ese caso, la fórmula será:

- *Fórmula:*

$$p \cdot (1 - p) = 0.5 \cdot 0.5 = 0.25$$

**Fórmula 2.** Estimación de la proporción

### El margen de error deseado

El margen de error deseado, o precisión, o margen de error admisible, se refiere a la diferencia entre la media muestral y la media poblacional; es decir, a la amplitud del intervalo de confianza deseado en la determinación del valor promedio de la variable en estudio. Desde luego, que no se pretende cometer errores. Se trata de un margen de error que se está dispuesto a tolerar.

Suele adoptarse  $e = 3\%$  (0.03), aunque está entre:

- *Condición*

$$1\% \leq e \leq 10\% \quad (0.01 \leq e \leq 0.10)$$

**Fórmula 3.** Margen de Error

El cálculo del error en el tamaño de una muestra con proporción desconocida, por el número de población de los datos almacenados en la estación meteorológica, superan los 10 000 por lo que se procedió a trabajar con un margen de error de  $\epsilon=0.3$ , el cual se encuentra en el rango establecido.

#### **Muestra de la población de datos de la Estación Meteorológica para una variable**

Se procede a calcular la muestra de la población de una de las variables de los datos almacenados en la estación meteorológica de Yanarumi:

- *Datos*

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{z^2 * p * q + (N - 1) * \epsilon^2}$$

**Fórmula 4.** Muestra de la Población

**n**= Muestra

**N**= Población (87600 datos totales\_21900 datos para cada variable)

**p**= Probabilidad de que un miembro de la población esté en la muestra (0.5)

**q**= Probabilidad de que un miembro de la población no esté en la muestra (0.5)

$\epsilon$  =Error (0.03)

**Z**= Valor normalizado con la confiabilidad (1.96)

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{z^2 * p * q + (N - 1) * \epsilon^2}$$

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * 0,5 * 21900}{1,96^2 * 0,5 * 0,5 + (21900 - 1) * 0,03^2}$$

$$n = 2163,86$$

$$n \approx \mathbf{2164}$$

Puesto que cada variable tiene el mismo peso (en un día se generan el mismo número de datos para cada variable) esta muestra será la misma para cada una de las 4 variables. (ver tabla).

En esta investigación se tomaron los 2164 datos, que se calculó en la muestra, de manera aleatoria más 1975 datos adicionales desde el mes de septiembre de 2020 hasta febrero de 2021 que fue el período de tiempo en el cual se han enviado los datos de manera ininterrumpida (ver tabla N°7).

**Tabla 7. Datos enviados desde la central**

ID	Timestamp	Temperatura	Humedad_relativa	Presion_Atmosferica	Caudal	Velocidad_viento
1	9/1/2020 0:30:00	5,93	99,90	638,44	0,00	0,00
2	9/1/2020 1:30:00	5,05	99,90	637,95	0,00	0,00
3	9/1/2020 2:30:00	4,79	99,90	637,26	0,00	0,00
4	9/1/2020 3:30:00	5,10	99,90	636,66	0,00	0,00
5	9/1/2020 4:30:00	4,89	99,90	636,65	0,00	0,00
6	9/1/2020 5:30:00	4,03	99,90	636,75	0,00	0,00
7	9/1/2020 6:30:00	3,64	99,90	637,39	0,00	0,00
8	9/1/2020 7:30:00	4,48	99,90	638,12	0,00	0,00
9	9/1/2020 8:30:00	7,60	99,90	638,61	0,00	0,00
10	9/1/2020 9:30:00	12,95	99,90	638,92	0,00	0,00
11	9/1/2020 10:30:00	12,85	99,90	638,90	0,00	0,00
12	9/1/2020 11:30:00	16,87	95,90	638,74	0,00	0,00
13	9/1/2020 12:30:00	18,79	5,00	638,11	0,00	0,00
14	9/1/2020 13:30:00	16,12	76,50	637,61	0,00	0,00
15	9/1/2020 14:30:00	15,30	86,00	637,22	0,00	0,00
16	9/1/2020 15:30:00	10,42	99,90	637,02	0,00	0,00
17	9/1/2020 16:30:00	12,94	81,00	636,99	0,00	0,00
18	9/1/2020 17:30:00	11,39	99,90	637,12	0,00	0,00

Elaborado por: Autores.

### 3.4. Técnicas de Análisis e interpretación de la información

El sistema web se desarrolló mediante la metodología scrum, con el lenguaje de programación PHP, el gestor de base de datos phpMySQL y el análisis estadístico se realizó en RStudio.

### 3.5. Metodología SCRUM

#### 3.5.1. Análisis preliminar

##### Análisis de requerimientos

Se realizó una entrevista los funcionarios de la Ecosur, con el fin de precisar los requerimientos del sistema web y así identificar las funcionalidades que debe cumplir.

## Requerimientos funcionales

**Tabla 8.** Requerimientos funcionales

<b>Requisito</b>	<b>Descripción</b>
<b>Creación de la página de inicio</b>	Los usuarios visualizarán la información general de Ecosur.
<b>Acceso al sistema (Login)</b>	El usuario deberá identificarse con un usuario y contraseña.
<b>Creación de usuarios</b>	Se creará un nuevo usuario registrando un usuario y contraseña.
<b>Creación de módulos</b>	Se tienen dos módulos de administración de información de usuarios y el módulo de análisis estadístico.

**Elaborado por:** Autores.

## Requerimientos no funcionales

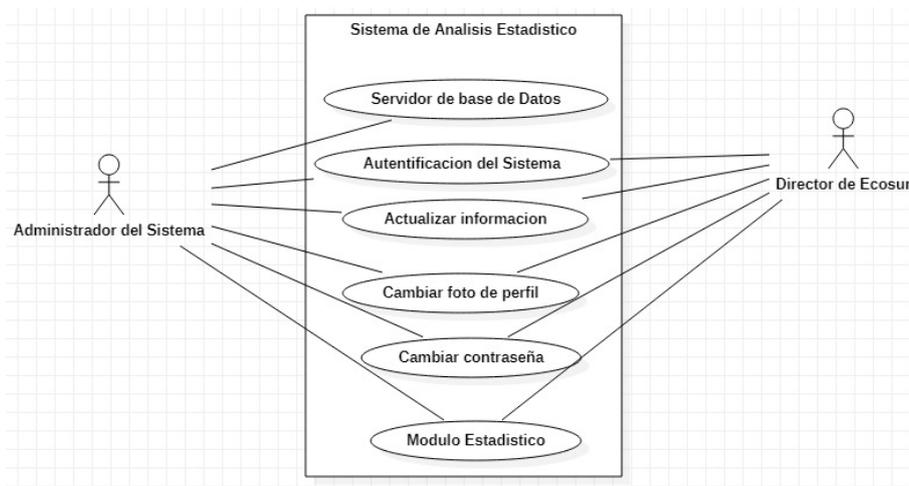
**Tabla 9.** Requerimientos no funcionales

<b>Requisito</b>	<b>Descripción</b>
<b>Usabilidad</b>	El sistema web debe ser fácil de navegar por los usuarios y sin complicaciones de interacción.
<b>Funcionalidad</b>	El sistema web debe funcionar de manera eficaz y rápida.
<b>Seguridad</b>	El sistema web debe proteger la integridad de la información enviada desde la central meteorológica por ello se debe acceder mediante la identificación previa del usuario en este.
<b>Disponibilidad</b>	El usuario debe tener disponible la información en cualquier momento que este así lo requiera.

**Elaborado por:** Autores.

### 3.5.2. Planificación y estimación

En la figura 14 se visualiza el diagrama de caso de uso del sistema web



**Figura 14.** Diagrama de caso de uso

**Fuente:** Autores

### 3.5.3. Implementación

En esta fase es donde se desarrolló el sistema web.

**Paso 1:** Instalación de phpMySql en Raspberry Pi.

En la figura 15, vemos el comando para editar el fichero /etc/dhcpd.conf para poner IP estática.

```
pi@raspberrypi:~ $ sudo nano /etc/dhcpd.conf
```

**Figura 15.** Comando para editar fichero dhcpd.conf

**Fuente:** Autores

En la figura 16, vemos el código para poner la ip estática al final del fichero dhcpd.conf.

```
interface eth0
static ip_address=192.168.1.51/24
static routers=192.168.1.1
static domain_name_servers=192.168.1.1
```

**Figura 16.** Código IP estática.

**Fuente:** Autores

- interface = Nombre de la interface que queremos configurar
- static ip\_address = Dirección fija que queremos (dejar el /24 al final)
- static routers = Dirección del gateway (del router)
- static domain\_name\_servers = Dirección del servidor DND (normalmente la del router). Si queremos más de un servidor DNS podéis añadirlos separador por un espacio.

En la figura 17, se guarda los cambios pulsando 'Ctrl+X' y después confirmando con 'Y' y 'Enter'.

```
interface eth0
static ip_address=192.168.1.51/24
static routers=192.168.1.1
static domain_name_servers=192.168.1.1

¿Guardar el búfer modificado? (Responder "No" DESCARTARÁ los cambios.)
S Sí
N No  Cancelar
```

**Figura 17.** Guardar cambio fichero dhcpd.conf

Fuente: Autores

En la figura 18, se reinicia la Raspberry Pi con el comando sudo reboot.

```
pi@raspberrypi:~ $ sudo nano /etc/dhcpd.conf
pi@raspberrypi:~ $ sudo reboot
```

**Figura 18.** Reiniciar Raspberry Pi

Fuente: Autores

En la figura 19, se actualiza la Raspberry Pi con el código sudo apt update && sudo apt upgrade -y.

```
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt update && sudo apt upgrade -y
```

**Figura 19.** Actualizar Raspberry Pi

Fuente: Autores

En la figura 20, se instala Apache2 con el código sudo apt install apache2 -y.

```
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt install apache2 -y
```

**Figura 20.** Instala Apache2.

Fuente: Autores

En la figura 21, se cambia al directorio /var/www/html.

```
pi@raspberrypi:~ $ cd /var/www/html
```

**Figura 21.** Cambiar de directorio.

Fuente: Autores

En la figura 22, se instala php con el código sudo apt install php -y.

```
pi@raspberrypi:/var/www/html $ sudo apt install php -y
```

**Figura 22.** Instalación PHP.

Fuente: Autores

En la figura 23, se reinicia el servidor Apache2.

```
pi@raspberrypi:/var/www/html $ sudo service apache2 restart
```

**Figura 23.** Reiniciar Apache2.

Fuente: Autores

En la figura 24, se instala MySQL Server (MariaDB Server) y PHP-MySQL y cuando termine se reinicia el servidor.

```
pi@raspberrypi:/var/www/html $ sudo apt install mariadb-server php-mysql -y
pi@raspberrypi:/var/www/html $ sudo service apache2 restart
```

**Figura 24.** Instala MySQL Server.

Fuente: Autores

En la figura 25, se instalar MySQL (MariaDB Server), se recomienda ejecutar el comando para asegurar su instalación de MySQL.

```
pi@raspberrypi:/var/www/html $ sudo mysql_secure_installation

NOTE: RUNNING ALL PARTS OF THIS SCRIPT IS RECOMMENDED FOR ALL MariaDB
      SERVERS IN PRODUCTION USE!  PLEASE READ EACH STEP CAREFULLY!

In order to log into MariaDB to secure it, we'll need the current
password for the root user.  If you've just installed MariaDB, and
you haven't set the root password yet, the password will be blank,
so you should just press enter here.

Enter current password for root (enter for none): █
```

**Figura 25.** Código de aseguración de instalación.

**Fuente:** Autores

- Se pide que ingrese la contraseña actual para root (escriba una contraseña segura): presione Enter
- Escriba Y y presione Entrar para establecer la contraseña de root
- Escriba una contraseña en el indicador Nueva contraseña: y presione Entrar. Importante: recuerde esta contraseña de root, ya que la necesitará más adelante
- Escriba Y para eliminar usuarios anónimos
- Escriba Y para no permitir el inicio de sesión de root de forma remota
- Escriba Y para eliminar la base de datos de prueba y acceder a ella
- Escriba Y para recargar tablas de privilegios ahora.

```
- Removing privileges on test database...
... Success!

Reloading the privilege tables will ensure that all changes made so far
will take effect immediately.

Reload privilege tables now? [Y/n] y
... Success!

Cleaning up...

All done!  If you've completed all of the above steps, your MariaDB
installation should now be secure.

Thanks for using MariaDB!
pi@raspberrypi:/var/www/html $ █
```

**Figura 26.** Finalización de instalación.

**Fuente:** Autores

En la figura 27, se reinicia el servidor Apache2.

```
pi@raspberrypi:/var/www/html $ sudo service apache2 restart
```

**Figura 27.** Reiniciar Apache2.

**Fuente:** Autores

En la figura 28, creación de un nuevo usuario admin y contraseña.

```
pi@raspberrypi:/var/www/html $ sudo mysql --user=root --password
> create user admin@localhost identified by 'your_password';
> grant all privileges on *.* to admin@localhost;
> FLUSH PRIVILEGES;
> exit;
```

**Figura 28.** Creación de usuario.

Fuente: Autores

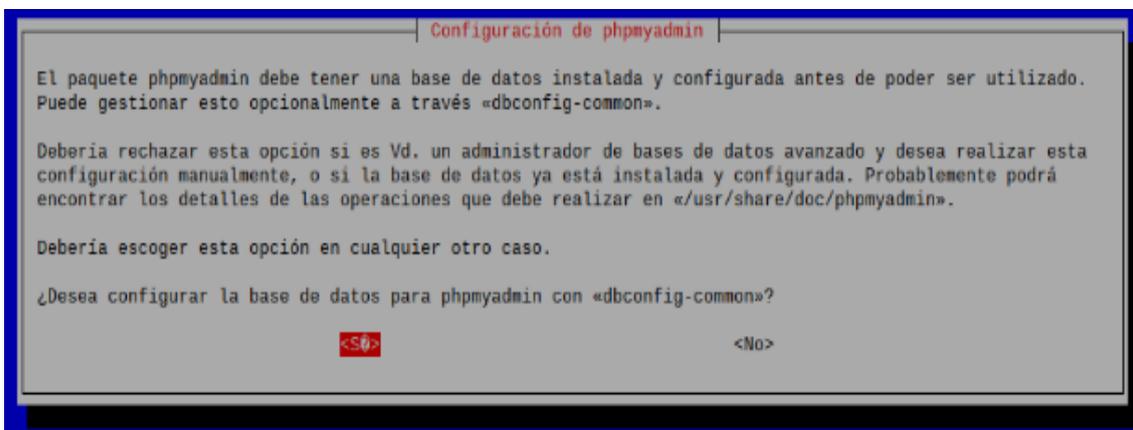
En la figura 29, se instalar phpMyAdmin en la Raspberry Pi.

```
pi@raspberrypi:/var/www/html $ sudo apt install phpmyadmin -y
```

**Figura 29.** Instalar phpMyAdmin.

Fuente: Autores

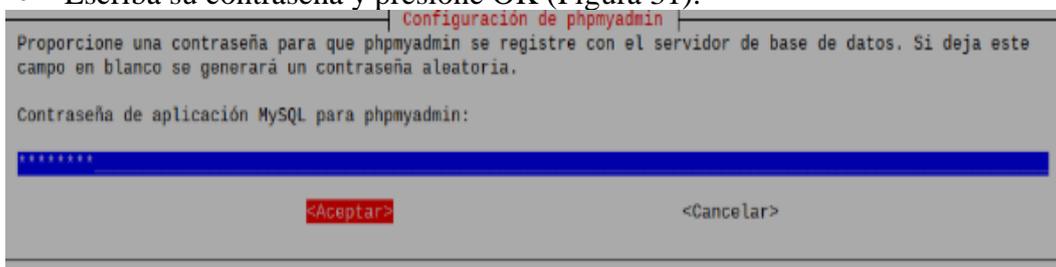
- Seleccione Apache2 cuando se le solicite y presione la tecla Enter
- ¿Configurando phpmyadmin ? OK
- ¿Configurar la base de datos para phpmyadmin con dbconfig-common ? sí (Figura 30).



**Figura 30.** Configuración de base de datos.

Fuente: Autores

- Escriba su contraseña y presione OK (Figura 31).



**Figura 31.** Escribir contraseña.

Fuente: Autores

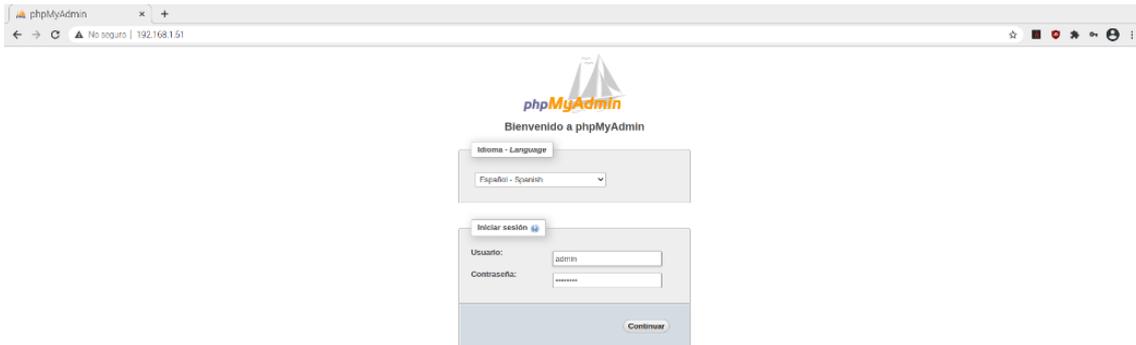
En la figura 32, se habilita la extensión PHP MySQLi y reinicia Apache2 para que los cambios surtan efecto.

```
pi@raspberrypi:/var/www/html $ sudo phpenmod mysqli
pi@raspberrypi:/var/www/html $ sudo service apache2 restart
```

**Figura 32.** Extensión PHP MySQLi.

Fuente: Autores

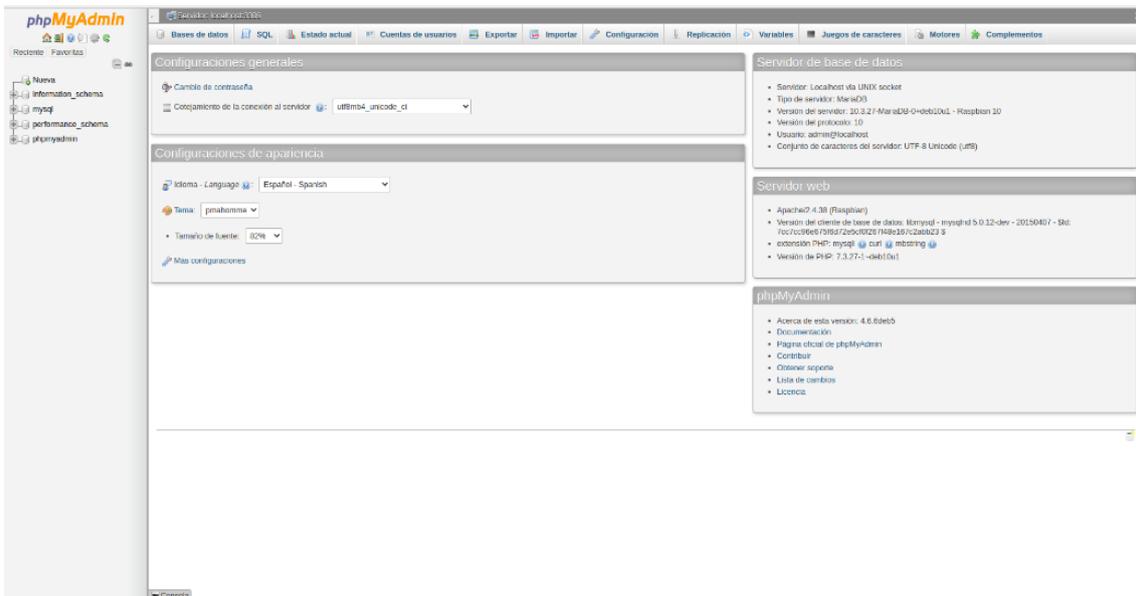
En la figura 33, se carga la página web y se ve la interfaz web phpMyAdmin.



**Figura 33.** Interfaz Web phpMyAdmin.

**Fuente:** Autores

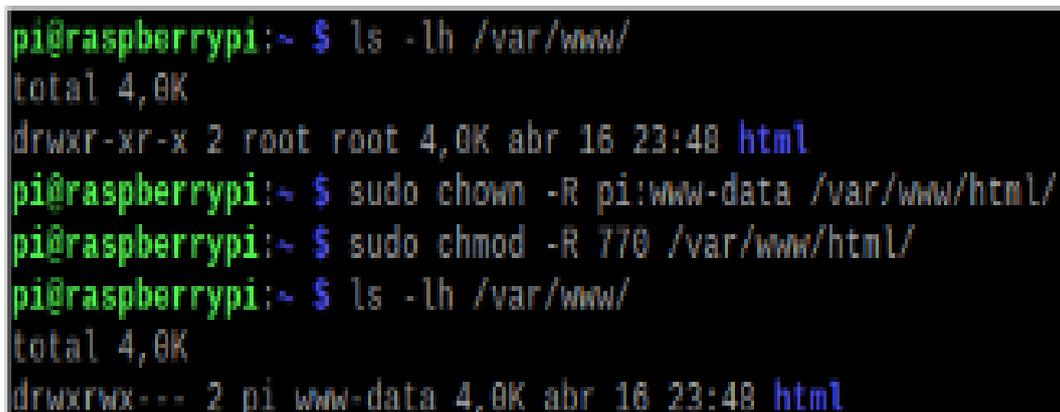
En la figura 34, se visualiza la página principal de MyAdmin.



**Figura 34.** Interfaz phpMyAdmin.

**Fuente:** Autores

En la figura 35, se cambia los permisos de la carpeta html.

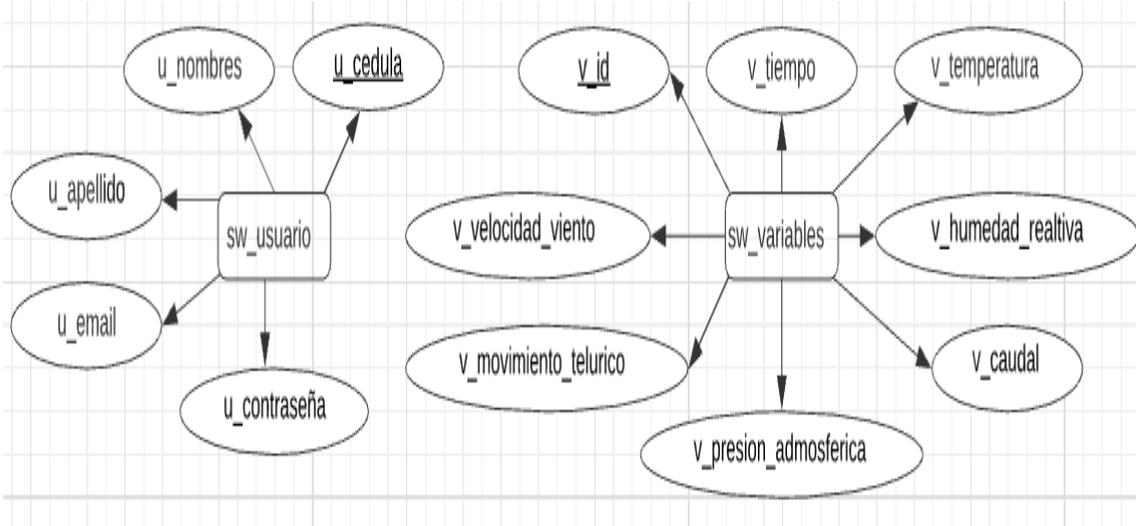


**Figura 35.** Cambio permiso.

**Fuente:** Autores

**Paso 2:** Diseño de la base de datos.

En la figura 36, se visualiza el modelo entidad relación de la base de datos.



**Figura 36.** Modelo Entidad Relación  
Fuente: Autores

En la figura 37, se visualiza el modelo relacional de la base de datos.



**Figura 37.** Modelo Relacional  
Fuente: Autores

En la figura 38, se visualiza la base de datos.

#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Atributos	Nulo	Predeterminado	Comentarios	Extra
1	id	int(11)			No	Ninguna		AUTO_INCREMENT
2	timestamp	timestamp			No	current_timestamp()		ON UPDATE CURRENT_TIMESTAMP()
3	temperatura	float(6,2)			No	Ninguna		
4	humedad_relativa	float(6,2)			No	Ninguna		
5	presion_admosferica	float(6,2)			No	Ninguna		
6	caudal	float(6,2)			No	Ninguna		
7	movimiento_telurico	float(6,2)			No	Ninguna		
8	velocidad_viento	float(6,2)			No	Ninguna		

**Figura 38.** Implementación Base de Datos  
Fuente: Autores

### Paso 3: Creación del envío, recepción y muestreo de datos.

En la figura 39 y 40, se visualiza parte del código del envío de datos recogidos desde el Arduino a Raspberry Pi.

```
    }
    Serial.println("Connecting...");
    if (client.connect(servidor, 8095)>0) { // Conexion con el servidor

        client.print("GET /recepcion_sensores_temperatura_humedad_presion.php?temperatura="); // Enviamos los datos por GET
        client.print(Tbmp180);
        client.print("&humedad_relativa="); // Enviamos los datos por GET
        client.print(Hdht21);
        client.print("&presion_admosferica="); // Enviamos los datos por GET
        client.print(Ebmp180);
        client.print("&caudal="); // Enviamos los datos por GET
        client.print(1_hour);
        client.println(" HTTP/1.0");
        client.println("User-Agent: Arduino 1.0");
        client.println();
        Serial.println("Conectado");
    } else {
        Serial.println("Fallo en la conexion");
    }
    if (!client.connected()) {
        Serial.println("Disconnected!");
    }
    client.stop();
    client.flush();
    delay(1800000);
}
//+++++
```

**Figura 39.** Código de envío de datos temperatura, humedad, presión atmosférica y caudal.

**Fuente:** Autores

```
Serial.print(" "); // caracter espacio en blanco como separador
Serial.print(fecha.hour()); // funcion que obtiene la hora de la fecha completa
Serial.print(":"); // caracter dos puntos como separador
Serial.print(fecha.minute()); // funcion que obtiene los minutos de la fecha completa
Serial.print(":"); // caracter dos puntos como separador
Serial.print(fecha.second()); // funcion que obtiene los segundos de la fecha completa
Serial.println(" Velocidad del viento : ");
Serial.print(velocl);

Serial.println("Connecting...");
if (client.connect(server, 8095)>0) { // Conexion con el servidor

    client.print("GET /recepcion_velocidad_viento.php?velocidad_viento="); // Enviamos los datos por GET
    client.print(velocl);

    client.println(" HTTP/1.0");
    client.println("User-Agent: Arduino 1.0");
    client.println();
    Serial.println("Conectado");
} else {
    Serial.println("Fallo en la conexion");
}
if (!client.connected()) {
    Serial.println("Disconnected!");
}
client.stop();
client.flush();
delay(1000);
```

**Figura 40.** Código de envío de datos de velocidad del viento.

**Fuente:** Autores

En la figura 41 y 42, se visualiza parte del código de la recepción de de datos recogidos desde el Arduino a Raspberry Pi.

```

<?php
// Credenciales
$dbhost = "localhost";
$dbuser = "admin";
$dbpass = "estacion";
$dbname = "sensores";
// Conexión con la base de datos
$con = mysqli_connect($dbhost, $dbuser, $dbpass, $dbname);
echo "Conexion.";
// Check connection
if ($con->connect_error) {
    die("Connection failed: " . $con->connect_error);
}
// Leemos los valores que nos llegan por GET
$temperatura = mysqli_real_escape_string($con,$_GET['temperatura']);
$humedad_relativa =mysqli_real_escape_string($con,$_GET['humedad_relativa']);
$presion_admosferica =mysqli_real_escape_string($con,$_GET['presion_admosferica']);
$caudal =mysqli_real_escape_string($con,$_GET['caudal']);
// Esta es la instrucción para insertar los valores
$query = "INSERT INTO `variable` (temperatura, humedad, presion_admosferica, caudal)
VALUES('".$temperatura."','".$humedad."','".$presion_admosferica."','".$caudal."')";

// Ejecutamos la instrucción
mysqli_query($con, $query);
mysqli_close($con);

?>

```

**Figura 41.** Código de recepción de datos temperatura, humedad, presión atmosférica y caudal.

**Fuente:** Autores

```

<?php
// config.php
// Credenciales
$dbhost = "localhost";
$dbuser = "admin";
$dbpass = "estacion";
$dbname = "sensores";
// Conexión con la base de datos
$con = mysqli_connect($dbhost, $dbuser, $dbpass, $dbname);
echo "Conexion.";
// Check connection
if ($con->connect_error) {
    die("error");
}
// Leemos los valores que nos llegan por GET
$velocidad_viento = mysqli_real_escape_string($con,$_GET['velocidad_viento']);

// Esta es la instrucción para insertar los valores
$query = "INSERT INTO `variable` (velocidad_viento)
VALUES('".$velocidad_viento."')";

// Ejecutamos la instrucción
mysqli_query($con, $query);
mysqli_close($con);

?>

```

**Figura 42.** Código de recepción de datos de velocidad del viento.

**Fuente:** Autores

En la figura 43, se ve el código de muestreo de datos recibidos.

ID	Timestamp	Temperatura	Humedad_relativa	Presion_Admosferica	Caudal	Movimiento_Telurico	Velocidad_Viento
100	2021-04-25 20:14:44	20.00	61.00	15.25	4.00	7.63	5.00
99	2021-04-25 19:44:33	20.00	61.00	15.25	4.00	7.63	5.00
98	2021-04-25 19:14:21	21.00	61.00	15.25	4.20	7.63	5.25
97	2021-04-25 18:44:09	20.00	60.00	15.00	4.00	7.50	5.00
96	2021-04-25 18:13:58	21.00	59.00	14.75	4.20	7.38	5.25
95	2021-04-25 17:43:46	21.00	59.00	14.75	4.20	7.38	5.25
94	2021-04-25 17:13:34	21.00	60.00	15.00	4.20	7.50	5.25
93	2021-04-25 16:43:22	21.00	60.00	15.00	4.20	7.50	5.25
92	2021-04-25 16:13:11	21.00	60.00	15.00	4.20	7.50	5.25
91	2021-04-25 15:42:59	21.00	61.00	15.25	4.20	7.63	5.25
90	2021-04-25 15:12:47	20.00	60.00	15.00	4.00	7.50	5.00
89	2021-04-25 14:42:36	21.00	61.00	15.25	4.20	7.63	5.25
88	2021-04-25 14:12:24	20.00	62.00	15.50	4.00	7.75	5.00

**Figura 43.** Código de muestreo de datos prueba.

**Fuente:** Autores

#### Paso 4: Creación las vistas del Sistema Web.

La Figura 44 se visualiza la vista principal del sistema web en la cual se puede leer la información básica de EcoSur y la opción de inicio de sesión.

Es el lugar donde se realizan mediciones y observaciones puntuales de los diferentes parámetros meteorológicos utilizando los instrumentos adecuados para así poder establecer el comportamiento atmosférico. Los parametros son los siguientes: temperatura

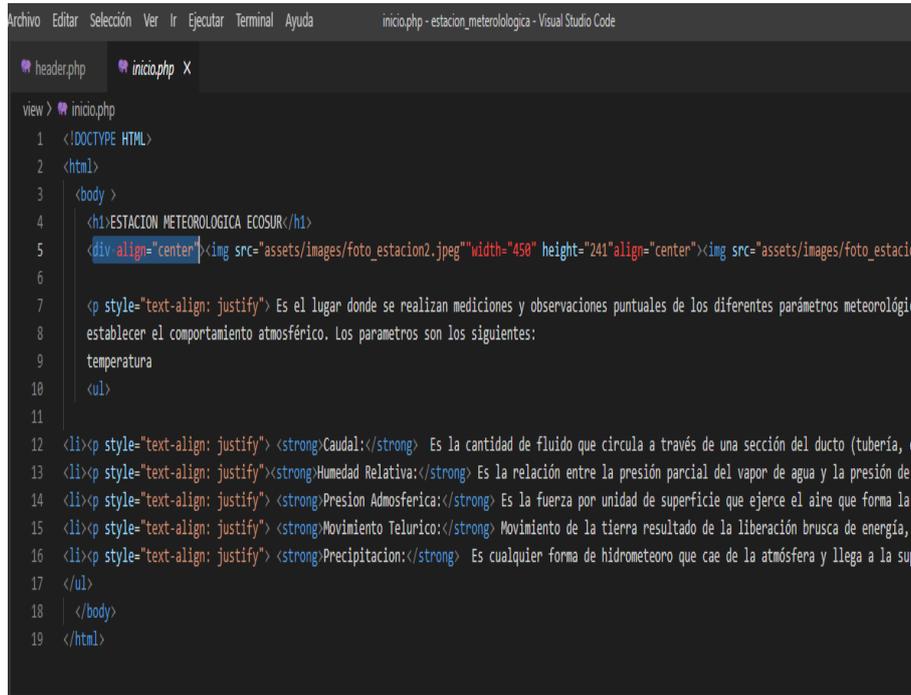
- **Caudal:** Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal) por unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.
- **Humedad Relativa:** Es la relación entre la presión parcial del vapor de agua y la presión de vapor de equilibrio del agua a una temperatura dada. La humedad relativa depende de la temperatura y la presión del sistema de interés. La misma cantidad de vapor de agua produce una mayor humedad relativa en el aire frío que en el aire caliente. Un parámetro relacionado es el del punto de rocío.
- **Presion Admosferica:** Es la fuerza por unidad de superficie que ejerce el aire que forma la atmósfera sobre la superficie terrestre.
- **Movimiento Telurico:** Movimiento de la tierra resultado de la liberación brusca de energía, cuando chocan las placas tectónicas o en general cuando ocurre una reorganización brusca de materiales en la corteza terrestre y también cuando ha ocurrido un terremoto años atrás y las placas se acomodan.
- **Precipitation:** Es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo, pero no virga, neblina ni rocío, que son formas de condensación y no de precipitación.

Copyright (c) 2021 Centro Meteorologico Yanarumi

**Figura 44.** Vista principal Sistema Web.

**Fuente:** Autores

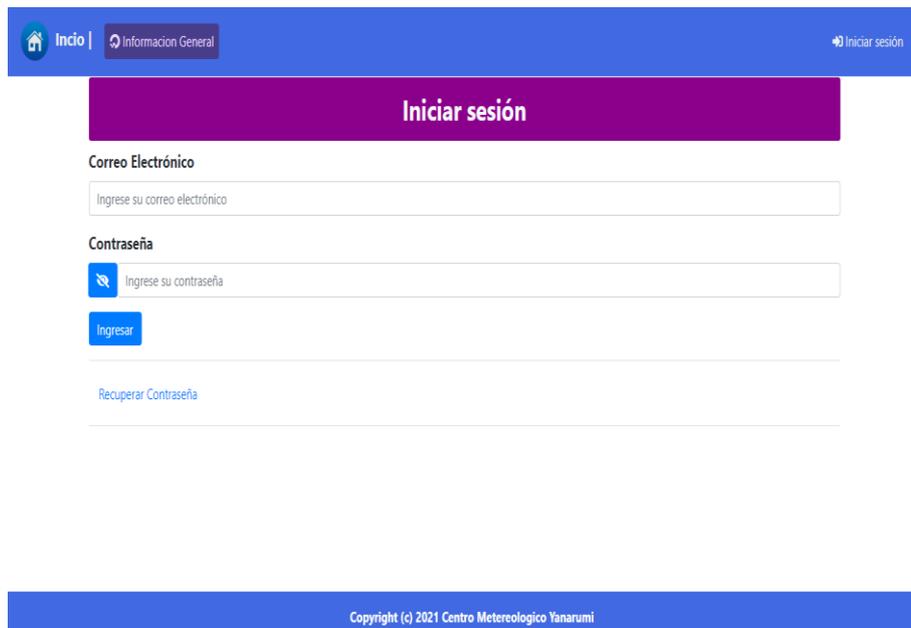
En la Figura 45 se visualiza parte del código para la creación de la vista principal del sistema.



```
Archivo Editar Selección Ver Ir Ejecutar Terminal Ayuda inicio.php - estacion_meteorologica - Visual Studio Code
header.php inicio.php X
view > inicio.php
1 <!DOCTYPE HTML>
2 <html>
3 <body >
4 <h1>ESTACION METEOROLOGICA ECOSUR</h1>
5 <div align="center">
6
7 <p style="text-align: justify"> Es el lugar donde se realizan mediciones y observaciones puntuales de los diferentes parámetros meteorológicos para
8 establecer el comportamiento atmosférico. Los parametros son los siguientes:
9 temperatura
10 <ul>
11
12 <li><p style="text-align: justify"> <strong>Caudal:</strong> Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, caudalero, etc.)
13 <li><p style="text-align: justify"> <strong>Humedad Relativa:</strong> Es la relación entre la presión parcial del vapor de agua y la presión de vapor saturado
14 <li><p style="text-align: justify"> <strong>Presion Admosferica:</strong> Es la fuerza por unidad de superficie que ejerce el aire que forma la atmósfera
15 <li><p style="text-align: justify"> <strong>Movimiento Telurico:</strong> Movimiento de la tierra resultado de la liberación brusca de energía, como los terremotos
16 <li><p style="text-align: justify"> <strong>Precipitacion:</strong> Es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie
17 </ul>
18 </body>
19 </html>
```

**Figura 45.** Código de Vista principal  
**Fuente:** Autores

En la figura 46 tenemos la vista de la validación del usuario, en la cual se debe ingresar el correo electrónico del usuario y su respectiva contraseña para ingresar al Sistema Web.



**Figura 46.** Validación de usuario.  
**Fuente:** Autores

En la Figura 47 se visualiza parte del código de la vista para validación de acceso al sistema para el usuario.

```
login.php x
view > anonimos > login.php
1
2 <h2 class="page-header">
3 Iniciar sesión </h2>
4
5 <form id="frm-datos" action="?c=usuario&a=Enviar" method="post" enctype="multipart/form-data" onsubmit="return miFuncion(this)">
6
7 <input type="hidden" name="contador" value="{?php echo $contador; }" />
8
9 <div class="form-group">
10 <label>Correo Electrónico</label>
11 <input type="text" id="email" name="email" value="" class="form-control" placeholder="Ingrese su correo electrónico" onblur="ValidarCorre
12 <span class="error" id="campoemail0K" style="font-weight:bold"></span>
13
14 </div>
15 <div class="form-group">
16 <label>Contraseña </label>
17 <div class="input-group-append">
18 <button id="show_password1" class="btn btn-primary" type="button" onclick="mostrarContraseña()"> <span id="botone" class="fa fa-eye
19 <input type="password" id="passn" name="passn" value="" class="form-control" placeholder="Ingrese su contraseña" onblur="ValidarPass(
20 </div>
21 </div>
22
23
24 <div align="center" class="form-group">
25 <button id="btnguardar" class="btn btn-primary" >Ingresar</button>
26 </div>
27
28 <hr />
29 <div class="row">
30 <div class="col-lg-3">
31 <a class="nav-link" href="?c=usuario&a=Crud2">Recuperar Contraseña</a>
32 </div>
```

Figura 47. Código de la vista de validación.

Fuente: Autores

En la figura 48 se visualiza un menú principal con cuatro opciones como: actualizar información, cambiar contraseña, Cambiar foto de perfil y modulo estadístico. Este último permitirá acceder a los datos estadísticos de la estación Meteorológica.

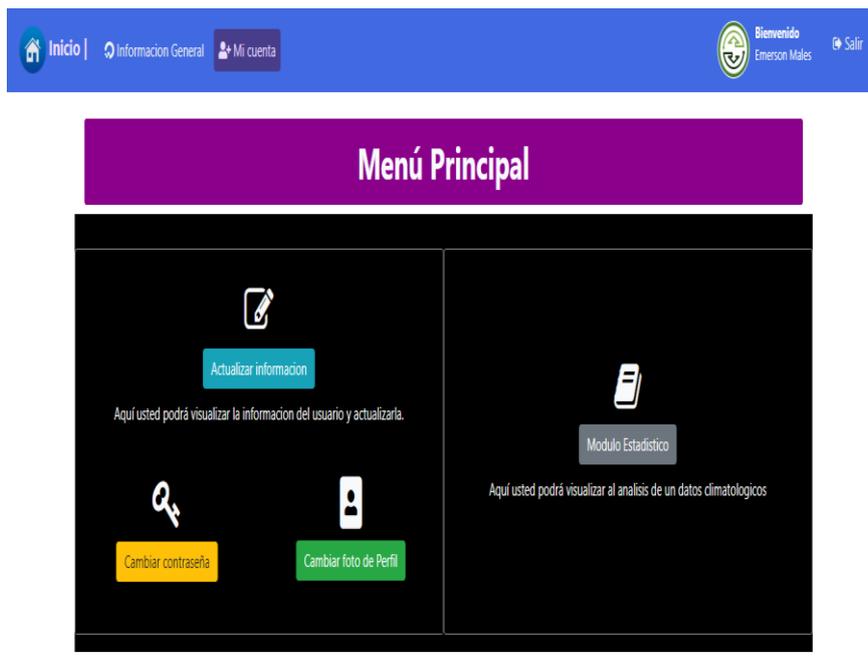


Figura 48. Panel de opciones.

Fuente: Autores

En la Figura 49 se visualiza parte del código de la vista del panel de opciones del menú principal.

```
escoger_panel.php X
view > cliente > escoger_panel.php
1 <h1>Menú Principal</h1>
2 <div class="row" style="padding-top:2rem; padding-bottom:1rem; background-color:#000000;">
3
4 <div class="col-lg-6 col-md-6 col-sm-6 col-xs-12 card" style="padding-top:2rem;background-color:#000000;border-color: gray;">
5 <div class="box-part text-center">
6
7 <i class="icon-edit fa-3x text-light" aria-hidden="true"></i>
8 <div class="title" style="padding-top:10px;">
9 <a href="?c=cliente&a=Actualizar" class="btn btn-info">Actualizar informacion</a>
10 </div>
11
12 <div class="text" style="padding-top:10px;color:white;">
13 <span>Aquí usted podrá visualizar la información del usuario y actualizarla.</span>
14 </div>
15
16 <div class="row" style="padding-top:3rem; padding-bottom:3rem;background-color:#000000;">
17 <div class="col-lg-6 col-md-6 col-sm-6 col-xs-12">
18 <div class="box-part text-center">
19 <i class="icon-key fa-3x text-light" aria-hidden="true"></i>
20 <div class="title" style="padding-top:10px;">
21 <a href="?c=usuario&a=updatepass" class="btn btn-warning">Cambiar contraseña</a>
22 </div>
23 </div>
24 </div>
25 <div class="col-lg-6 col-md-6 col-sm-6 col-xs-12">
26 <div class="box-part text-center">
27 <i class="fa fa-portrait fa-3x text-light" aria-hidden="true"></i>
28 <div class="title" style="padding-top:10px;">
29 <a href="?c=cliente&a=ImagenPerfil" class="btn btn-success">Cambiar foto de Perfil</a>
30 </div>
31 </div>
32 </div>
```

Figura 49. Código del Panel de opciones.

Fuente: Autores

En la figura 50 se visualiza la vista del actualizar información la cual permitirá al usuario cambiar datos que se encuentra obsoletos por unos más actuales

**Datos generales**

Por favor complete toda la información para actualizar sus datos.

**Nombres**

**Apellidos**

**Genero**

**Correo Electrónico**

**Cedula**

Figura 50. Actualización de Datos del Usuario.

Fuente: Autores

En la Figura 51 se visualiza parte del código para la actualización de información de usuario.

```
cliente-editar.php x
view > cliente > cliente-editar.php
1 <?php
2     if ($user->pais_id != null) {
3         $pais = $user->pais_id;
4     }else{
5         $pais = '0';
6     }
7
8     $paisl = new pais();
9     $x = $paisl->ListarPais($pais);
10 ?>
11
12 <?php
13     if ($user->genero_id != null) {
14         $genero = $user->genero_id;
15     }else{
16         $genero = '0';
17     }
18
19     $generol = new genero();
20     $y = $generol->ListarGenero($genero);
21 ?>
22
23
24 <link rel="stylesheet" href="assets/css/menu_secundario.css">
25 <div class="row">
26     <style>
27         .puvselect{
28             background-color: lightgrey;
29         }
30     </style>
31     <div class="topnav" id="myTopnav">
32         <a href="?c=cliente&a=Crud4" class="active"> <i class="fas fa-long-arrow-alt-left" aria-hidden="true" style="font-size:15px"></i> Reg
33     </div>
```

Figura 51. Código de actualización de datos usuario.

Fuente: Autores

En la figura 52 se visualiza la vista para la opción donde el usuario podrá cambiar la contraseña con la que se encuentra registrado en el sistema.

Inicio | Información General | Mi cuenta

Bienvenido Emerson Males | Salir

← Regresar

## Cambiar Contraseña

Contraseña actual

Nueva contraseña (mínimo 7 caracteres máximo 15, al menos: una letra mayúscula, una minúscula y un número)

Confirmar contraseña nueva

Guardar

Figura 52. Cambio de Contraseña.

Fuente: Autores

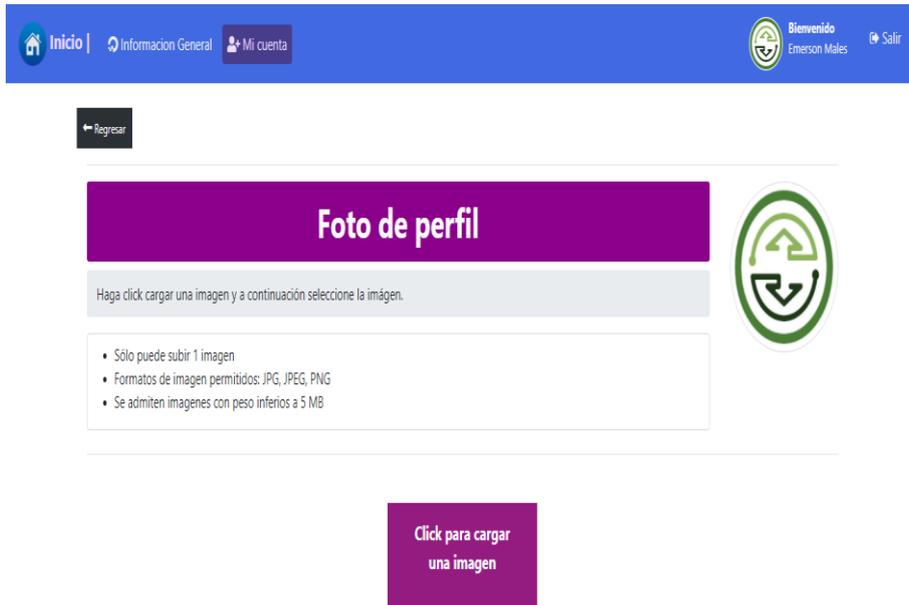
En la Figura 53 se visualiza parte del código para el cambio de contraseña.

```
view > cliente > chg_pass.php
1 <link rel="stylesheet" href="assets/css/menu_secundario.css">
2 <div class="row">
3   <div class="topnav" id="myTopnav">
4     <a href="?c=cliente&a=Crud4" class="active"> <i class="fas fa-long-arrow-alt-left" aria-hidden="true" style="font-size:15px"></i> Regresa
5   </div>
6 </div>
7
8 <hr>
9
10 <h2 class="page-header">
11   Cambiar Contraseña
12 </h2>
13
14 <form id="frm-datos" action="?c=usuario&a=EnviarUsuario" method="post" enctype="multipart/form-data" onsubmit="return miFuncion(this)">
15
16   <input type="hidden" name="contador" value="{?php echo $contador; ?}" />
17
18   <div class="form-group">
19     <label>Contraseña actual </label>
20     <div class="input-group-append">
21       <button id="show_password" class="btn btn-primary" type="button" onclick="mostrarContrasena()"> <span class="fa fa-eye-slash icon pas
22     <input type="password" id="passn" name="passn" value="" class="form-control" placeholder="Ingrese su contraseña actual" onblur="Valid
23
24     </div>
25   </div>
26
27   <div class="form-group">
28     <label>Nueva contraseña (mínimo 7 caracteres máximo 15, al menos: una letra mayúscula, una minúscula y un número) </label>
29     <div class="input-group-append">
30       <button id="show_password" class="btn btn-primary" type="button" onclick="mostrarContrasena()"> <span class="fa fa-eye-slash icon p
31     <input type="password" id="passnew" name="passnew" value="" class="form-control" placeholder="Ingrese su contraseña " onblur="Valida
32   </div>
```

**Figura 53.** Código de cambio de contraseña.

**Fuente:** Autores

En la figura 54 se visualiza la vista de la opción cambiar foto de perfil el usuario tendrá la libertad de modificar la imagen de perfil de su cuenta.



**Figura 54.** Foto de perfil.

**Fuente:** Autores

En la Figura 55 se visualiza parte del código para la cambiar foto de perfil.

```

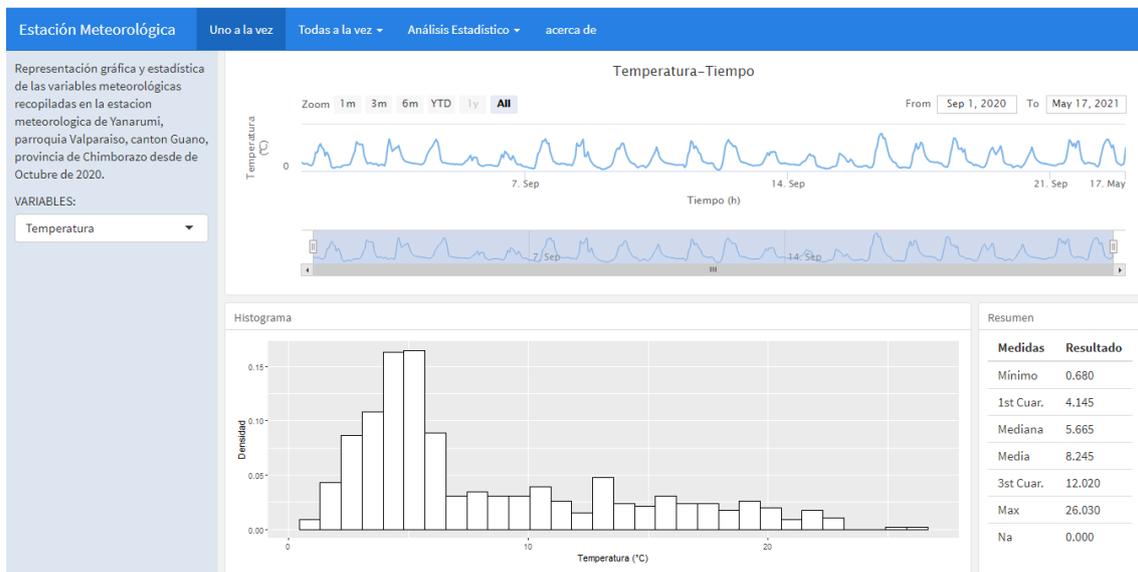
imagenperfil.php X
view > cliente > imagenperfil.php
1  <?php
2  if($user->imagen_perfil == null){
3      $imagen = "assets/images/img_avatar.jpg";
4  }else {
5      $imagen = $user->imagen_perfil;
6  }
7  ?>
8
9  <link rel="stylesheet" href="assets/css/menu_secundario.css">
10 <div class="row">
11     <style>
12         .puvselect{
13             background-color: lightgrey;
14         }
15     </style>
16     <div class="topnav" id="myTopnav">
17         <a href="?c=cliente&a=crud4" class="active"> <i class="fas fa-long-arrow-alt-left" aria-hidden="true" style="font-size:15px"></i> Reg
18     </div>
19 </div>
20 </div>
21 <hr/>
22
23 <div class="row">
24     <div class="col-md-10">
25         <h1 class="display-5">
26             Foto de perfil</h1>
27         <span class="breadcrumb">
28             Haga click cargar una imagen y a continuación seleccione la imagen.
29         </span>
30         <div class="panel-collapse" id="collapseExample">
31             <div class="card card-body p-0 pt-2">
32                 <ul>

```

**Figura 55.** Código de foto de perfil.

**Fuente:** Autores

En las figuras 56 podemos observar el módulo estadístico realizado en R Studio que se encuentra constituido por tres pestañas. Empezando con la pestaña uno a la vez que consiste en visualizar de manera individual de cada una de las variables utilizando una gráfica en tiempo real, un histograma y un resumen estadístico.



**Figura 56.** Análisis estadístico vista principal.

**Fuente:** Autores

En la Figura 57 se visualiza parte del código para el análisis estadístico de la información climatológica.

```

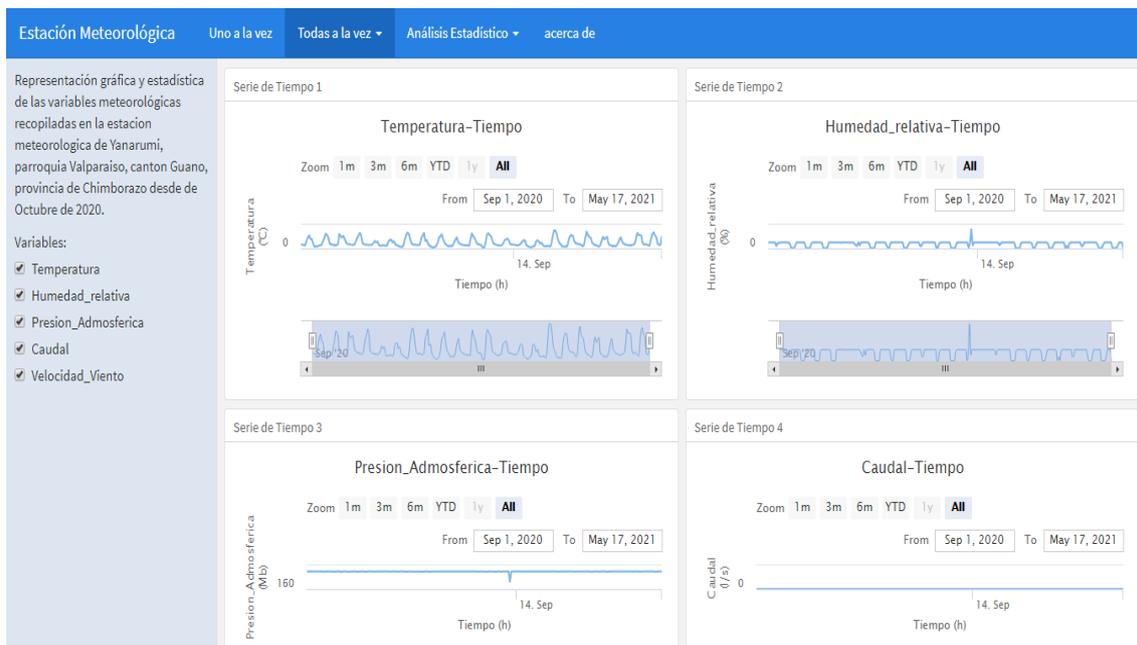
100 -
101 -
102 - ## Serie de Tiempo
103 - ```{r}
104 - renderHighchart(
105 -   hchart(selectedData2())
106 - )
107 -
108 -
109 - column {data-height=300}
110 - -----
111 -
112 - ## Histograma
113 - ```{r}
114 - renderPlot(
115 -   ggplot()+geom_histogram(aes(x=selectedData2(),y=..density..),color="black", fill="white")+xlab("")+ylab("")+ggtitle(names(selectedData2()))
116 - )
117 - ```
118 -
119 - ## Resumen
120 - ```{r,error=FALSE,warning=FALSE}
121 - renderTable({
122 -   data.frame(Medidas =c("Mínimo",
123 -     "1st Cuar.",
124 -     "Mediana",
125 -     "3st Cuar.",
126 -     "Max",
127 -     "Na"),
128 -     Resultado=c(round(min(selectedData_na()),na.rm = T),3),
129 -     round(quantile(selectedData_na(),0.25,na.rm = T),3),
130 -     round(median(selectedData_na()),na.rm = T),3),
131 -     ...

```

**Figura 57.** Código de análisis estadístico.

**Fuente:** Autores

En la Figura 58 tenemos la pestaña es todas a la vez, como su nombre mismo lo indica todas las variables en conjunto serán representadas de manera gráfica.



**Figura 58.** Comparación del análisis estadístico.

**Fuente:** Autores

En la Figura 59 se visualiza parte del código comparación de análisis estadístico de las variables.

```

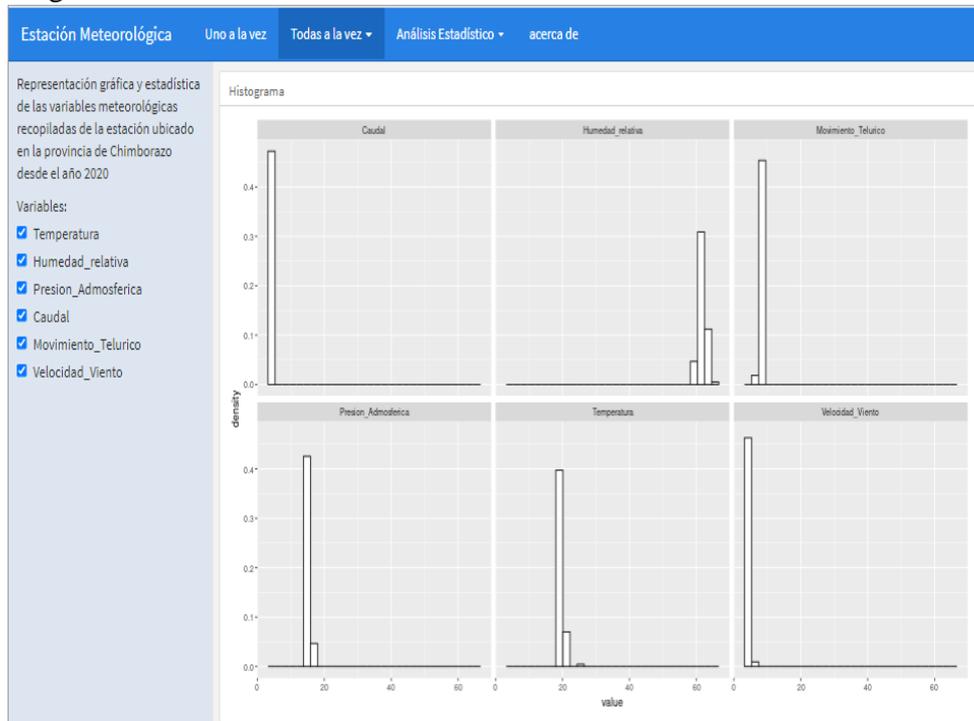
226
227 serie de Tiempo {data-navmenu="Todas a la vez"}
228 -----
229
230 column {.sidebar}
231 -----
232
233 Representación gráfica y estadística de las variables meteorológicas recopiladas de la estación ubicado en la provincia de Chimborazo desde el
234 año 2020
235 {r,error=FALSE,warning=FALSE}
236 checkboxGroupInput("show_serie", "variables:", atributos, selected = atributos)
237
238
239
240 serie <- reactive({
241   x1 <- na.omit(selectedData())
242   xts(x1[,input$show_serie],order.by = x1[,2])
243 })
244
245
246 column {data-height=300}
247 -----
248
249 ## Serie de Tiempo 1
250 {r,error=FALSE,warning=FALSE}
251 renderHighchart(
252   hchart(serie()[,1])%>%
253     hc_title(
254       text = as.character(names(serie())[1]),
255       margin = 20,
256       align = "left")
257

```

**Figura 59.** Código de comparación de análisis estadístico.

**Fuente:** Autores

En la figura 60 se visualizan las comparaciones de histogramas de la información climatológica.



**Figura 60.** Histogramas de información climatológica.

**Fuente:** Autores

En la Figura 61 se visualiza parte del código para visualización de histogramas de información climatológica.

```

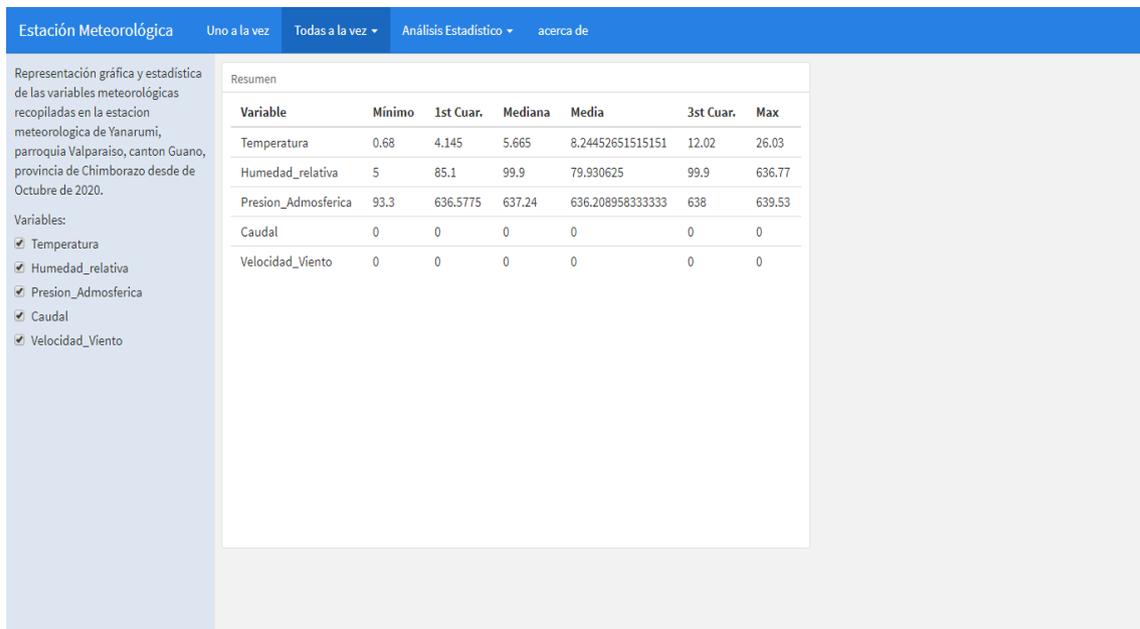
198 Histograma {data-navmenu="Todas a la vez"}
199 -----
200
201 Column {.sidebar}
202 -----
203
204 Representación gráfica y estadística de las variables meteorológicas recopiladas de la estación ubicado en la provincia de Chimborazo desde el
    año 2020
205
206 ```{r,error=FALSE,warning=FALSE}
207 checkboxGroupInput("show", "Variables:", atributos, selected = atributos)
208 ```
209
210 Column {data-height=600}
211 -----
212 ### Histograma
213 ```{r,error=FALSE,warning=FALSE}
214 df_tidy <- reactive({
215   gather(selectedData1()[,input$show], cols, value)
216 })
217 renderPlot(
218   if (length(input$show)==1) {
219     ggplot()+geom_histogram(aes(x=selectedData1()[,input$show],y=..density..),color="black", fill="white")
220   }else{
221     ggplot(df_tidy()+geom_histogram(aes(x=value,y=..density..),color="black", fill="white")+ facet_wrap(~cols)
222   }
223
224 ..)
225 ```
226
227 Serie de Tiempo {data-navmenu="Todas a la vez"}
228 -----

```

**Figura 61.** Código de visualización de histogramas.

**Fuente:** Autores

En la figura 62 se visualiza el resumen estadístico de la información climatológica.



**Figura 62.** Resumen estadístico.

**Fuente:** Autores

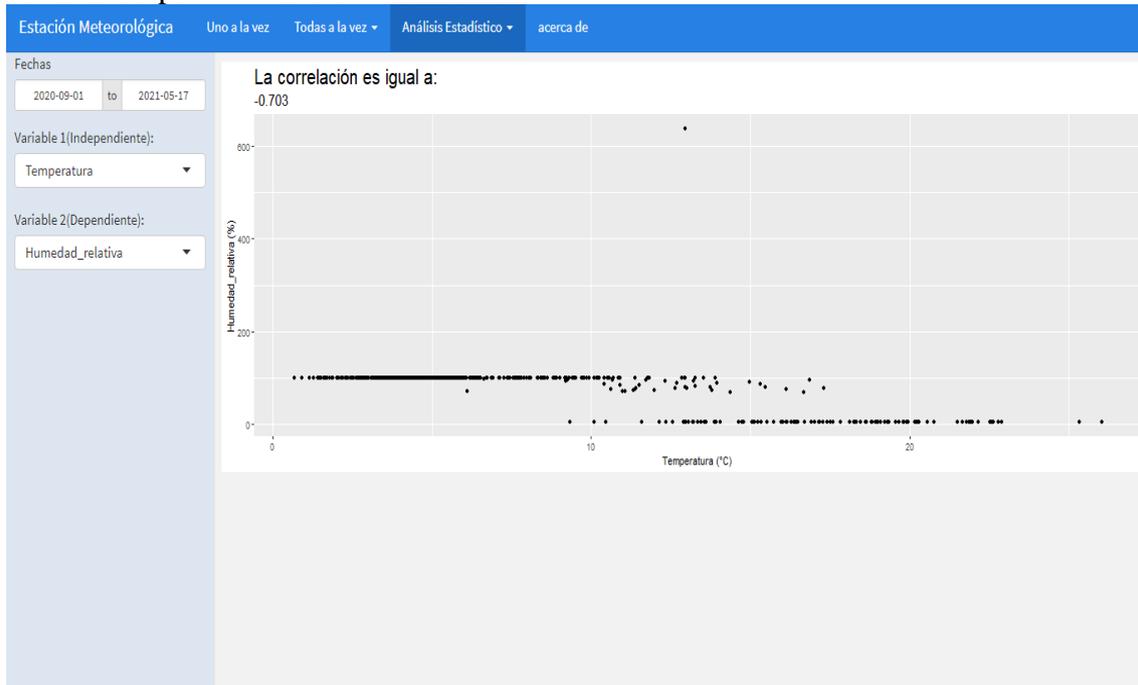
En la figura 63 se visualiza el código para la visualización del resumen estadístico.

```
### Resumen
```{r,error=FALSE,warning=FALSE}
renderTable({
  x2 <- na.omit(selectedData1())
  if (length(input$show_vars)==1) {
    data.frame(Medidas =c("Mínimo",
      "1st Cuar.",
      "Mediana",
      "Media",
      "3st Cuar.",
      "Max"),
      Resultado=c(round(min(x2[,input$show_vars]),3),
        round(quantile(x2[,input$show_vars],0.25),3),
        round(median(x2[,input$show_vars]),3),
        round(mean(x2[,input$show_vars]),3),
        round(quantile(x2[,input$show_vars],0.75),3),
        round(max(x2[,input$show_vars]),3))) %>% gt()
  }else{
  x <- as.data.frame(selectedData3())
  x <- matrix(x$Resultado,nrow = length(input$show_vars))
  colnames(x)<- c("Mínimo","1st Cuar.,""Mediana","Media",
    "3st Cuar.,""Max")
  cbind(variable=input$show_vars,x)
  }
})
```
```

**Figura 63.** Código de resumen estadístico.

**Fuente:** Autores

En la figura 64 se visualiza la tercera pestaña es el análisis estadístico que se encuentra constituido por un análisis de correlación.



**Figura 64.** Análisis correlacional.

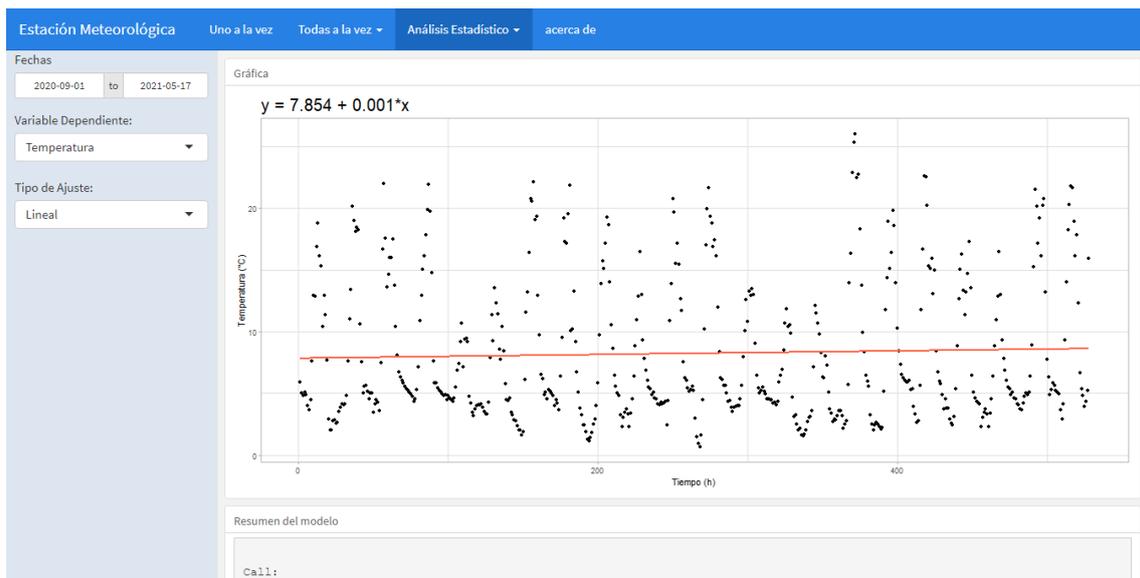
**Fuente:** Autores

En la figura 65 se visualiza el código para la visualización del análisis correlacional.

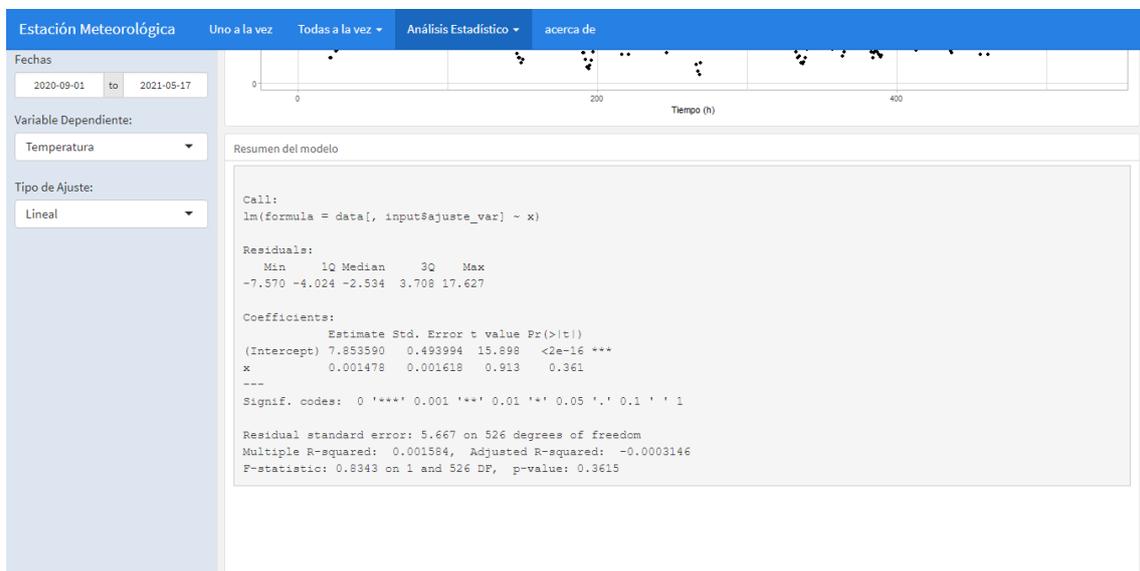
```
Análisis de Correlación {data-navmenu="Análisis Estadístico"}
=====
```{r}
renderPlot({
  pairs.panels(selectedData(),[,3:8],pch=21,smooth = TRUE,main="Análisis de Correlación")
})
```
```

**Figura 65.** Código análisis correlacional.  
Fuente: Autores

En la figura 66 y 67 se visualiza la gráfica y su resumen del ajuste de curvas lineal.



**Figura 66.** Gráfica Ajuste de curvas lineal.  
Fuente: Autores



**Figura 67.** Resumen Ajuste de curvas lineal.  
Fuente: Autores

En la figura 68 se visualiza el código para la visualización de ajuste de curva lineal.

```

Regresión Lineal simple {data-navmenu="Análisis Estadístico"}
=====
Column {,sidebar}
-----

```{r,error=FALSE,warning=FALSE}
selectInput("r1_var_dep",label="variable Dependiente:",choices=atributos,
            selected=atributos[1])

selectInput("r1_var_ind",label="variable Independiente:",choices=atributos,
            selected=atributos[2])
...

Column {data-height=500}
-----
### Gráfica
```{r}
lm_sim <- reactive({
  as.formula(paste(input$r1_var_dep, "~",input$r1_var_ind))
})

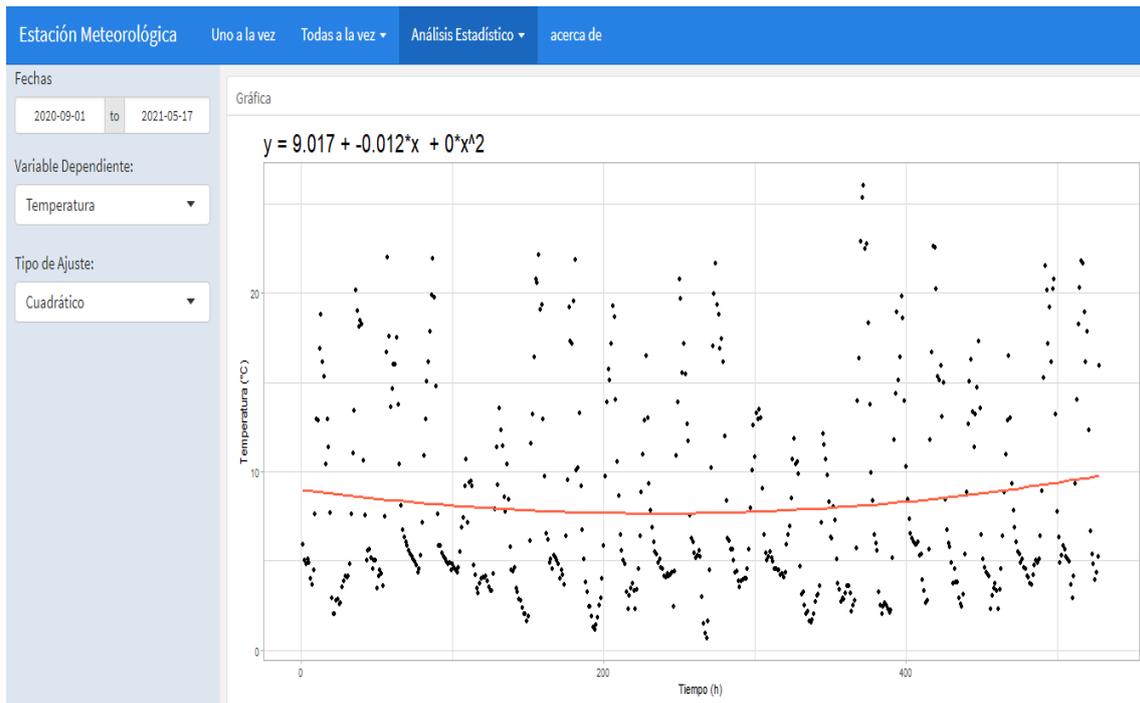
renderPlot({
  x1 <- as.data.frame(selectedData1()[,c(input$r1_var_ind,input$r1_var_dep)])
  m1 <- lm(lm_sim(),data = selectedData1())
  plot(x = x1[,1],y = x1[,2],xlab = input$r1_var_ind,ylab = input$r1_var_dep)
  abline(m1)
})

```

**Figura 68.** Código Ajuste de curvas lineal.

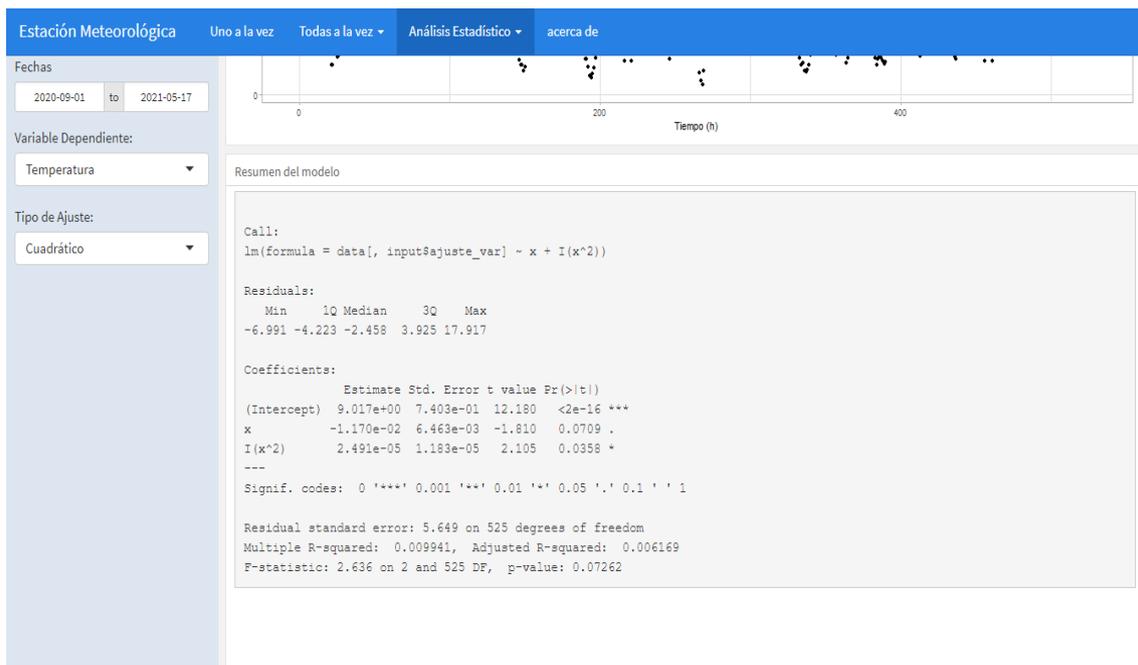
**Fuente:** Autores

En la figura 69 y 70 se visualiza la gráfica y su resumen del ajuste de curvas cuadrática.



**Figura 69.** Gráfica Ajuste de curvas cuadrática.

**Fuente:** Autores



**Figura 70.** Resumen Ajuste de curvas cuadrática.

**Fuente:** Autores

En la figura 71 se visualiza el código para ajuste de curvas cuadrática.

```

Modelo Cuadrático {data-navmenu="Análisis Estadístico"}
=====
Column {.sidebar}
-----

```{r,error=FALSE,warning=FALSE}
selectInput("r1_var_dep",label="Variable Dependiente:",choices=atributos,
            selected=atributos[1])

selectInput("r1_var_ind",label="Variable Independiente:",choices=atributos,
            selected=atributos[2])
...

Column {data-height=500}
-----
### Gráfica Cuadrática
```{r}
lm_cua <- reactive({
  lm(selectedData1()[,input$r1_var_dep] ~ selectedData1()[,input$r1_var_ind]

```

**Figura 71.** Código Ajuste de curvas cuadrática.

**Fuente:** Autores

En la figura 72 y 73 se visualiza la gráfica y su resumen del ajuste de curvas cubica

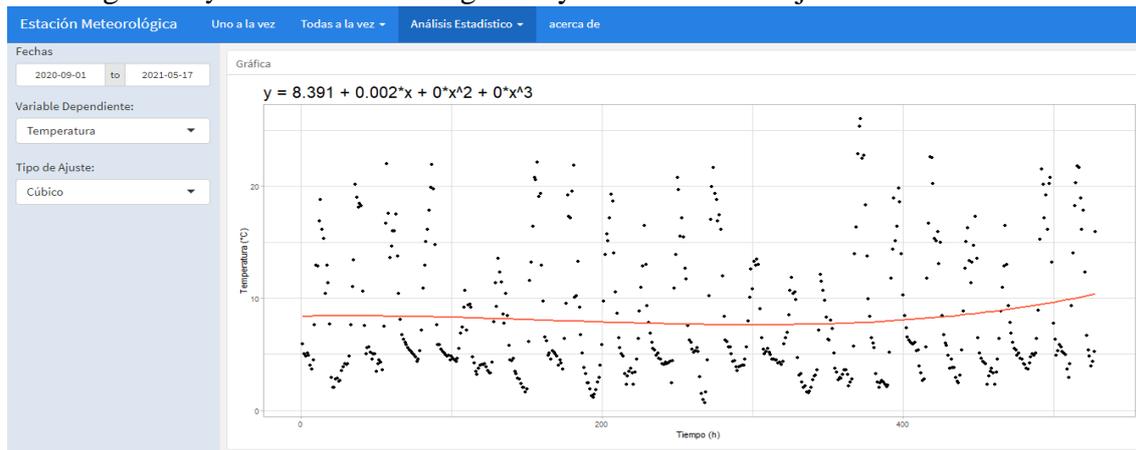


Figura 72. Código Ajuste de curvas cubica.

Fuente: Autores

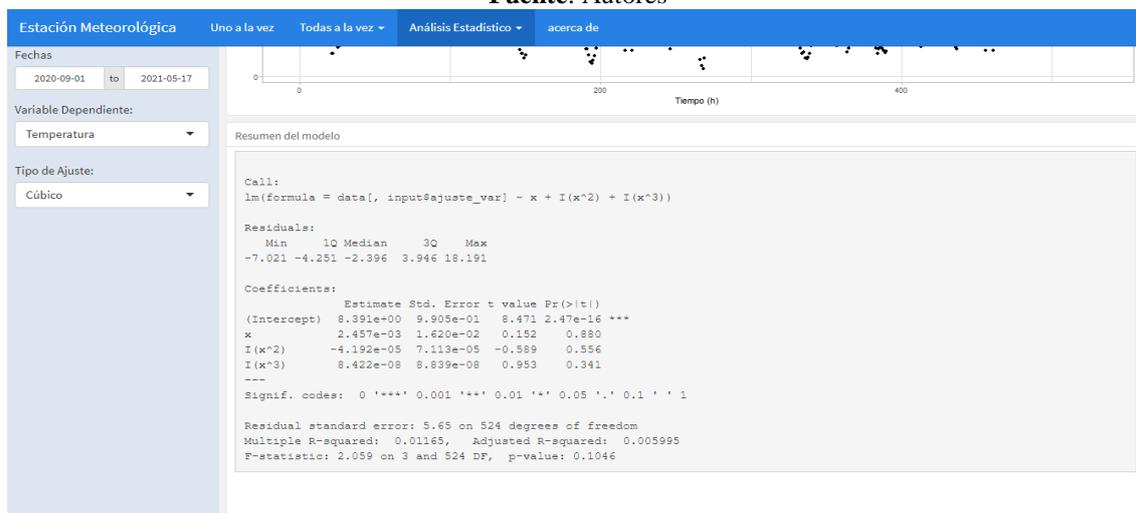


Figura 73. Resumen Ajuste de curvas cubica.

Fuente: Autores

En la figura 74 se visualiza el código para ajuste de curvas cubica.

Ajuste de Curvas {data-navmenu="Análisis Estadístico"}

Column {.sidebar}

```

```{r,error=FALSE,warning=FALSE}
dateRangeInput("fecha_ajuste",
  label="Fechas",
  start = min(x1[,2]),
  end = max(x1[,2]))

selectInput("ajuste_var",
  label="variable Dependiente:",
  choices=atributos,
  selected=atributos[1])

selectInput("ajuste",
  label="Tipo de Ajuste:",
  choices=c("Lineal","Cuadrático","Cúbico"))
```

```

Figura 74. Código Ajuste de curvas cuadrática.

Fuente: Autores

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### 4.1. Resultados

Los datos recolectados de temperatura, humedad relativa, presión atmosférica y caudal son recogido y guardados de forma local de manera efectiva (Figura 75) por los sensores instalados en la estación.

```
BMP180: 24.06,730.12,2680.06,DHT21: 21.00,58.30,Caudal: 0,Fecha: 2,2,2019,8,14,0,  
BMP180: 24.08,730.20,2679.20,DHT21: 21.00,58.30,Caudal: 0,Fecha: 2,2,2019,8,14,0,  
BMP180: 24.08,730.13,2679.99,DHT21: 20.90,58.30,Caudal: 0,Fecha: 2,2,2019,8,14,1,  
BMP180: 24.08,730.18,2679.36,DHT21: 20.90,58.20,Caudal: 0,Fecha: 2,2,2019,8,14,1,  
BMP180: 24.09,730.14,2679.79,DHT21: 20.90,58.20,Caudal: 0,Fecha: 2,2,2019,8,14,2,  
BMP180: 24.08,730.14,2679.87,DHT21: 20.90,58.20,Caudal: 0,Fecha: 2,2,2019,8,14,2,  
BMP180: 24.08,730.15,2679.71,DHT21: 20.80,58.10,Caudal: 0,Fecha: 2,2,2019,8,14,3,  
BMP180: 24.09,730.16,2679.60,DHT21: 20.80,58.10,Caudal: 0,Fecha: 2,2,2019,8,14,4,  
BMP180: 24.11,730.19,2679.33,DHT21: 21.00,58.10,Caudal: 0,Fecha: 2,2,2019,8,14,5,  
BMP180: 24.10,730.16,2679.64,DHT21: 21.00,58.10,Caudal: 0,Fecha: 2,2,2019,8,14,5,  
BMP180: 24.10,730.17,2679.56,DHT21: 21.00,58.10,Caudal: 0,Fecha: 2,2,2019,8,14,6,  
BMP180: 24.10,730.17,2679.48,DHT21: 21.00,58.10,Caudal: 0,Fecha: 2,2,2019,8,14,7,
```

**Figura 75.** Parte de datos temperatura, humedad, presión atmosférica y caudal.

**Fuente:** Autores

Los datos recolectados de la velocidad del viento son recogido y guardados de forma local (Figura 76) de manera efectiva por el anemómetro en la estación.

```
14/4/2021 19:15:0 Velocidad del viento : 194.37 km/h  
21/4/2021 22:0:0 Velocidad del viento : 186.77 km/h  
21/4/2021 23:0:0 Velocidad del viento : 97.47 km/h  
22/4/2021 9:45:0 Velocidad del viento : 0.00 km/h  
22/4/2021 10:15:0 Velocidad del viento : 0.00 km/h  
22/4/2021 10:30:0 Velocidad del viento : 7.60 km/h  
22/4/2021 10:45:0 Velocidad del viento : 0.00 km/h  
24/4/2021 14:30:53 Velocidad del viento : 21.28 km/h  
24/4/2021 14:45:0 Velocidad del viento : 1023 km/h
```

**Figura 76.** Parte de datos velocidad del viento.

**Fuente:** Autores

Los datos recolectados de la precipitación de lluvias (Figura 77) no son estables debido a que están en fase de prueba generan ciertos errores que serán corregidos para su correcto funcionamiento en el futuro debido a que son construidos e instalados por estudiantes.

|   |                  |
|---|------------------|
| 13/2/2021 0:23:36 - LLUVIA MODERADA - Peso: 20g | Mililitros: 20ml |
| 13/2/2021 0:23:45 - LLUVIA MODERADA - Peso: 20g | Mililitros: 20ml |
| 13/2/2021 0:23:54 - LLUVIA MODERADA - Peso: 20g | Mililitros: 20ml |
| 13/2/2021 0:24:3 - LLUVIA MODERADA - Peso: 20g  | Mililitros: 20ml |
| 13/2/2021 0:24:13 - LLUVIA MODERADA - Peso: 20g | Mililitros: 20ml |
| 13/2/2021 0:24:22 - LLUVIA MODERADA - Peso: 20g | Mililitros: 20ml |
| 13/2/2021 0:24:31 - LLUVIA MODERADA - Peso: 20g | Mililitros: 20ml |
| 13/2/2021 0:24:40 - LLUVIA MODERADA - Peso: 20g | Mililitros: 20ml |
| 13/2/2021 0:24:50 - LLUVIA MODERADA - Peso: 20g | Mililitros: 20ml |
| 13/2/2021 0:24:59 - LLUVIA MODERADA - Peso: 20g | Mililitros: 20ml |
| 13/2/2021 0:25:8 - LLUVIA MODERADA - Peso: 21g  | Mililitros: 21ml |
| 13/2/2021 0:25:17 - LLUVIA MODERADA - Peso: 21g | Mililitros: 21ml |
| 13/2/2021 0:25:27 - LLUVIA MODERADA - Peso: 21g | Mililitros: 21ml |
| 13/2/2021 0:25:36 - LLUVIA MODERADA - Peso: 21g | Mililitros: 21ml |
| 13/2/2021 0:25:45 - LLUVIA MODERADA - Peso: 21g | Mililitros: 21ml |
| 13/2/2021 0:25:54 - LLUVIA MODERADA - Peso: 21g | Mililitros: 21ml |
| 13/2/2021 0:26:4 - LLUVIA MODERADA - Peso: 21g  | Mililitros: 21ml |
| 13/2/2021 0:26:13 - LLUVIA MODERADA - Peso: 21g | Mililitros: 21ml |
| 13/2/2021 0:26:22 - LLUVIA MODERADA - Peso: 21g | Mililitros: 21ml |

**Figura 77.** Parte de datos de precipitación.

**Fuente:** Autores

Los datos recolectados del movimiento telúrico por el sensor del sismógrafo (Figura 78) instalado en la estación no son estables debido a que están en fase de prueba generan ciertos errores que serán corregidos para su correcto funcionamiento en el futuro debido a que son desarrollados por estudiantes.

|                     |
|---------------------|
| 19/12/2020 8:38:1   |
| Magnitud del sismo: |
| 4.40                |
| 19/12/2020 8:38:2   |
| Magnitud del sismo: |
| 4.10                |
| 19/12/2020 8:38:4   |
| Magnitud del sismo: |
| 3.70                |
| 19/12/2020 8:38:5   |
| Magnitud del sismo: |
| 4.50                |
| 19/12/2020 8:38:7   |
| Magnitud del sismo: |
| 4.20                |

**Figura 78.** Parte de datos de movimiento telúrico.

**Fuente:** Autores

Los datos recogidos por los sensores se visualizan (Figura 79, 80) de forma regular y continua de acuerdo a como son transmitidos los datos en tiempo real.

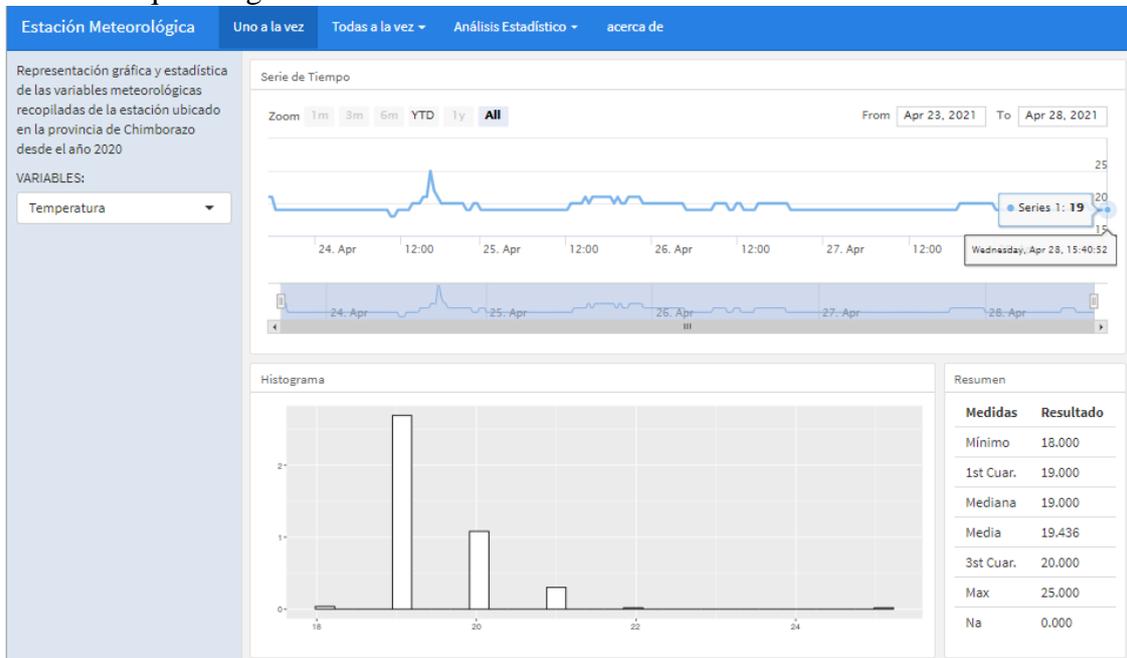
| id | timestamp           | temperatura | humedad_relativa | presion_admosferica | caudal | movimiento_telurico | velocidad_viento |
|----|---------------------|-------------|------------------|---------------------|--------|---------------------|------------------|
| 1  | 2021-04-23 15:47:21 | 21.00       | 61.00            | 15.25               | 4.20   | 7.63                | 5.25             |
| 2  | 2021-04-23 15:47:33 | 21.00       | 61.00            | 15.25               | 4.20   | 7.63                | 5.25             |
| 3  | 2021-04-23 18:53:03 | 19.00       | 62.00            | 15.50               | 3.80   | 7.75                | 4.75             |
| 4  | 2021-04-23 18:55:35 | 19.00       | 65.00            | 16.25               | 3.80   | 8.13                | 4.75             |
| 5  | 2021-04-23 19:25:46 | 19.00       | 61.00            | 15.25               | 3.80   | 7.63                | 4.75             |
| 6  | 2021-04-23 19:55:58 | 19.00       | 61.00            | 15.25               | 3.80   | 7.63                | 4.75             |
| 7  | 2021-04-23 20:26:10 | 19.00       | 62.00            | 15.50               | 3.80   | 7.75                | 4.75             |
| 8  | 2021-04-23 20:56:22 | 19.00       | 61.00            | 15.25               | 3.80   | 7.63                | 4.75             |
| 9  | 2021-04-23 21:26:33 | 19.00       | 62.00            | 15.50               | 3.80   | 7.75                | 4.75             |
| 10 | 2021-04-23 21:56:45 | 19.00       | 62.00            | 15.50               | 3.80   | 7.75                | 4.75             |
| 11 | 2021-04-23 22:26:57 | 19.00       | 63.00            | 15.75               | 3.80   | 7.88                | 4.75             |
| 12 | 2021-04-23 22:57:09 | 19.00       | 63.00            | 15.75               | 3.80   | 7.88                | 4.75             |
| 13 | 2021-04-23 23:27:20 | 19.00       | 64.00            | 16.00               | 3.80   | 8.00                | 4.75             |

**Figura 79.** Muestra de datos recolectados base de datos  
Fuente: Autores

| ID  | Timestamp           | Temperatura | Humedad_relativa | Presion_Admosferica | Caudal | Movimiento_Telurico | Velocidad_Viento |
|-----|---------------------|-------------|------------------|---------------------|--------|---------------------|------------------|
| 234 | 2021-04-28 15:40:52 | 19.00       | 61.00            | 15.25               | 3.80   | 7.63                | 4.75             |
| 233 | 2021-04-28 15:10:40 | 19.00       | 61.00            | 15.25               | 3.80   | 7.63                | 4.75             |
| 232 | 2021-04-28 14:40:29 | 19.00       | 61.00            | 15.25               | 3.80   | 7.63                | 4.75             |
| 231 | 2021-04-28 14:10:17 | 19.00       | 59.00            | 14.75               | 3.80   | 7.38                | 4.75             |
| 230 | 2021-04-28 13:40:05 | 19.00       | 62.00            | 15.50               | 3.80   | 7.75                | 4.75             |
| 229 | 2021-04-28 13:09:54 | 19.00       | 62.00            | 15.50               | 3.80   | 7.75                | 4.75             |
| 228 | 2021-04-28 12:39:42 | 20.00       | 60.00            | 15.00               | 4.00   | 7.50                | 5.00             |
| 227 | 2021-04-28 12:09:30 | 20.00       | 62.00            | 15.50               | 4.00   | 7.75                | 5.00             |
| 226 | 2021-04-28 11:39:19 | 20.00       | 62.00            | 15.50               | 4.00   | 7.75                | 5.00             |
| 225 | 2021-04-28 11:09:07 | 20.00       | 63.00            | 15.75               | 4.00   | 7.88                | 5.00             |
| 224 | 2021-04-28 10:38:55 | 19.00       | 61.00            | 15.25               | 3.80   | 7.63                | 4.75             |
| 223 | 2021-04-28 10:08:43 | 19.00       | 64.00            | 16.00               | 3.80   | 8.00                | 4.75             |
| 222 | 2021-04-28 09:38:32 | 19.00       | 64.00            | 16.00               | 3.80   | 8.00                | 4.75             |

**Figura 80.** Muestra de datos recolectados archivo .php  
Fuente: Autores

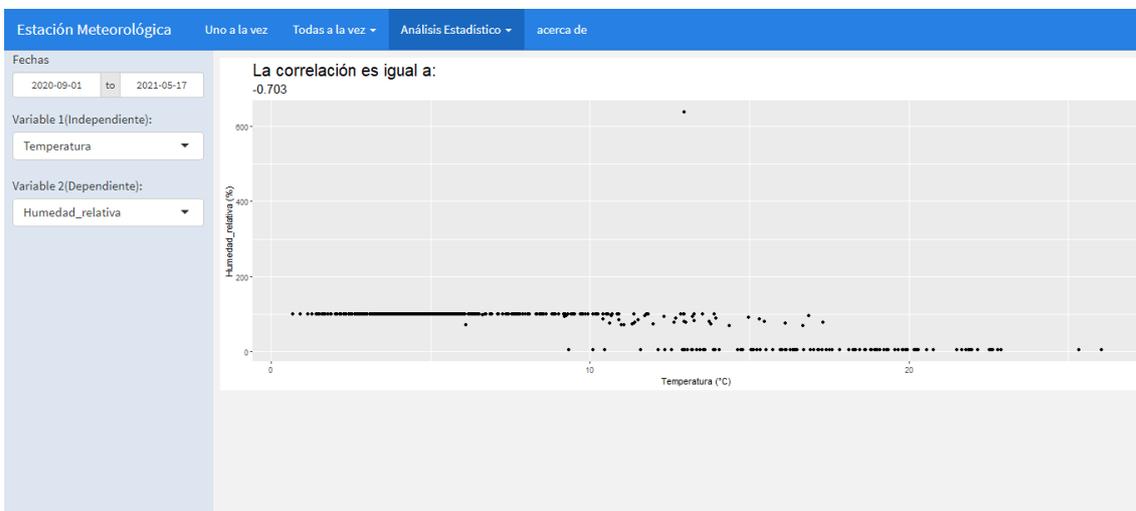
Una vez el sistema web se encuentre recibiendo los datos recolectados del archivo .php (figura 81). Mostrará toda la información enviada de una forma más detallada utilizando una gráfica lineal, histograma y resumen. Todo esto lo encontraremos en el módulo estadístico que integra el sistema.



**Figura 81.** Verificación de envío de datos.

**Fuente:** Autores

De igual manera haciendo uso de los mismos datos realizaremos diferentes tipos de análisis de carácter estadístico como es el caso del análisis de correlación que lo utilizamos para determina una relación entre dos o más variables. En este caso el análisis lo aplica a todas las variables que integran el sistema (Figura 82).

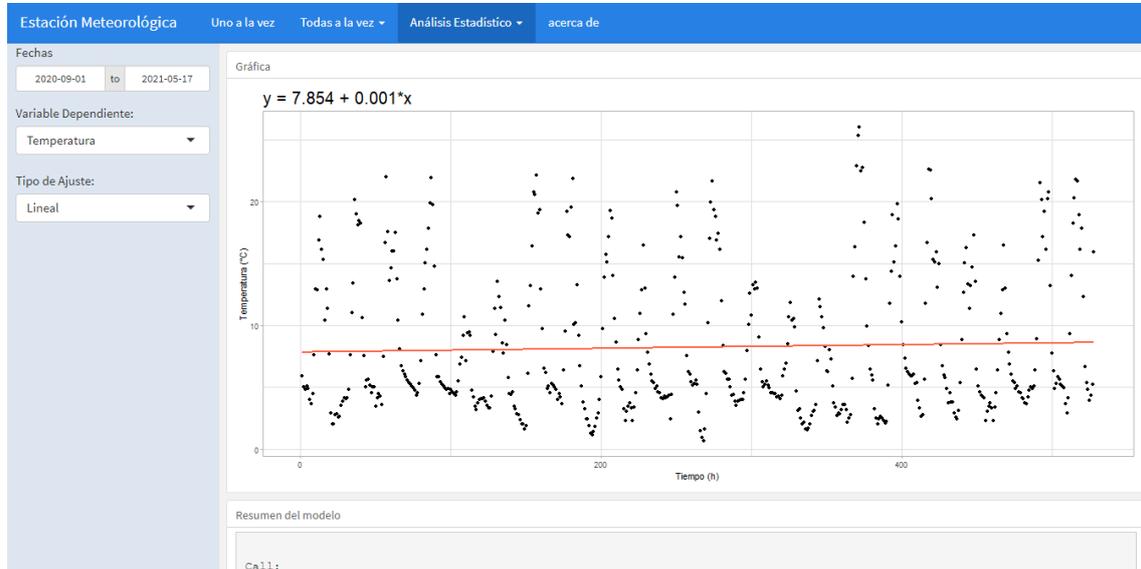


**Figura 82.** Análisis correlación completo.

**Fuente:** Autores

El caso del otro análisis estadístico que integra nuestro sistema web es el Ajuste de curvas, este puede ser línea, cubico o cuadrático. Empezaremos con el Ajuste de curvas lineal entre Temperatura.

En la parte grafica (Figura 83) se puede observar claramente cómo se realiza el ajuste de curvas entre estas dos variables.

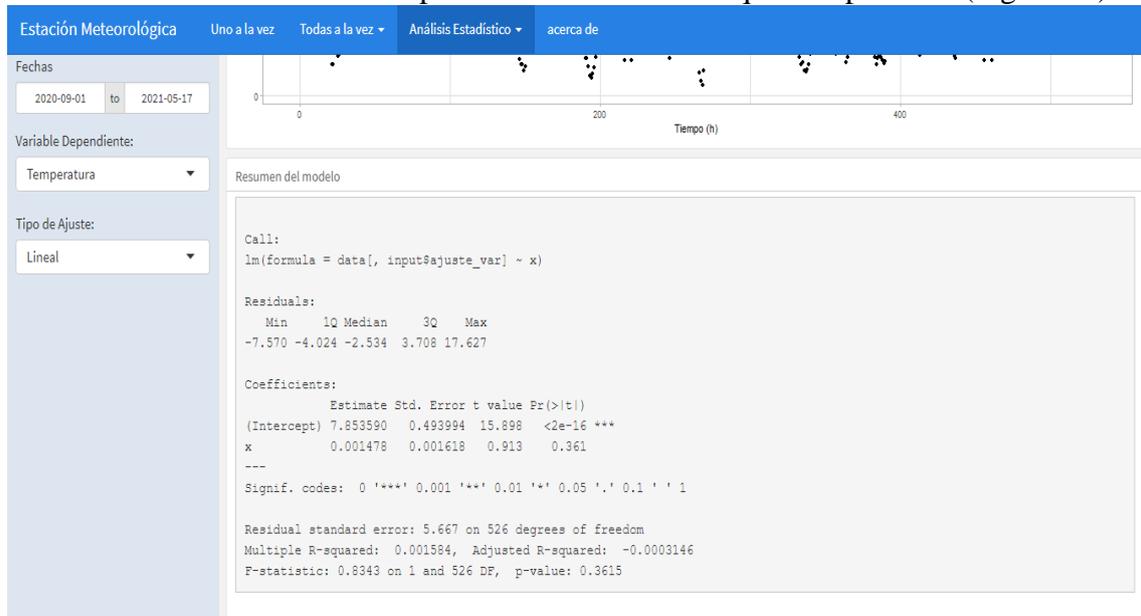


**Figura 83.** Ajuste de curvas cuadrática Temperatura – M. Telúrico Grafica.

**Fuente:** Autores

En el resumen de una manera más específica podemos observar aspectos más estadísticos como: residuo, min, max y el promedio de las diversas desviaciones absolutas de estos dos puntos.

La variación de estos valores dependerá de las variables que comparemos (Figura 84).

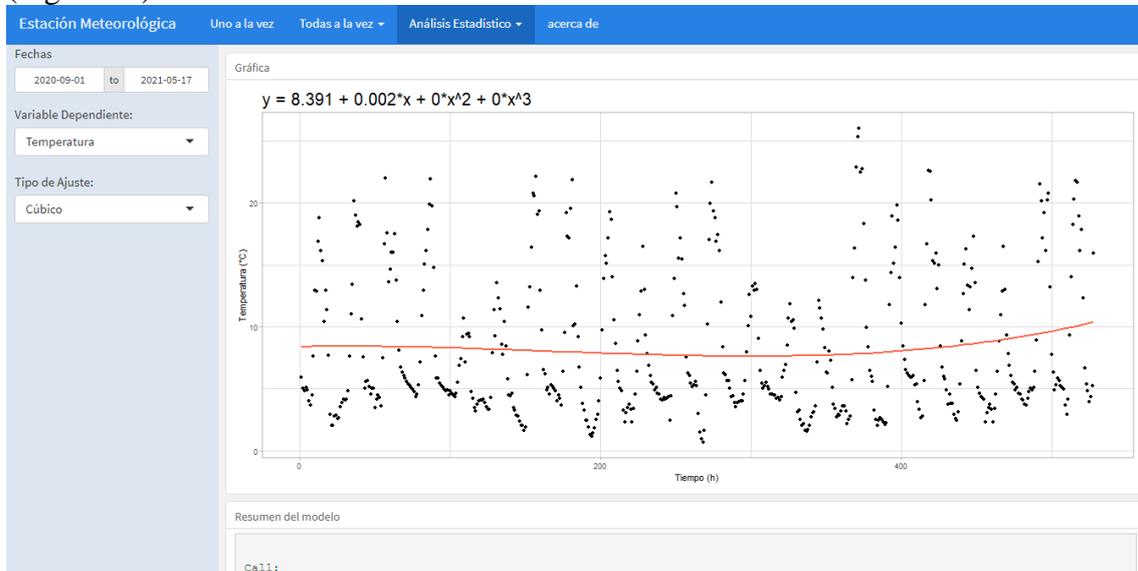


**Figura 84.** Ajuste de curvas lineal Temperatura resumen.

**Fuente:** Autores

La estructura de los datos que nos entrega el ajuste de curvas cubico es muy similar a la cuadrática y lineal, para notar mucho mejor sus diferencias utilizaremos las mismas variables: Temperatura.

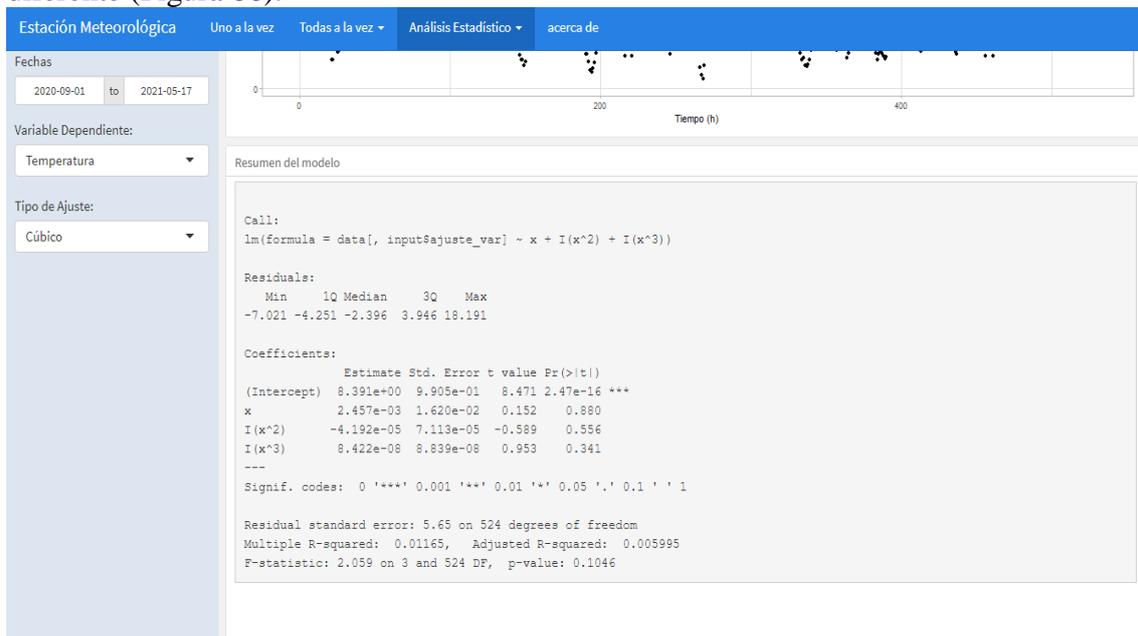
Como primera observación tenemos que la línea trazada no tiene la misma forma (Figura 85).



**Figura 85.** Ajuste de curvas cubica Temperatura.

**Fuente:** Autores

Por obvias razones la información que contenga el resume como: residuo, min, max y el promedio de las diversas desviaciones absolutas de estos dos puntos será completamente diferente (Figura 86).



**Figura 86.** Ajuste de curvas cubica Temperatura resumen

**Fuente:** Autores

## 4.2. Discusión

Con toda la Muestra de cada una de las Variables (Ver Anexo 10)

Primero se realiza una gráfica de cada una de las 4 variables tomando la variable tiempo como la variable independiente y a las variables Temperatura, Humedad Relativa, Presión Atmosférica y Caudal como las variables dependientes:

### Temperatura

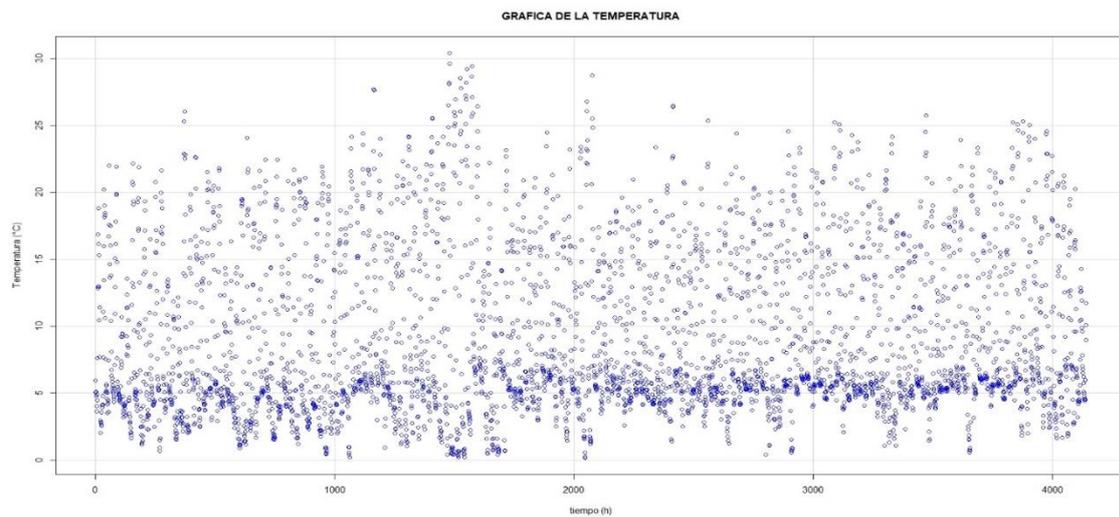


Figura 87. Grafica estadística Temperatura vs Tiempo  
Fuente: Autores

### Humedad Relativa

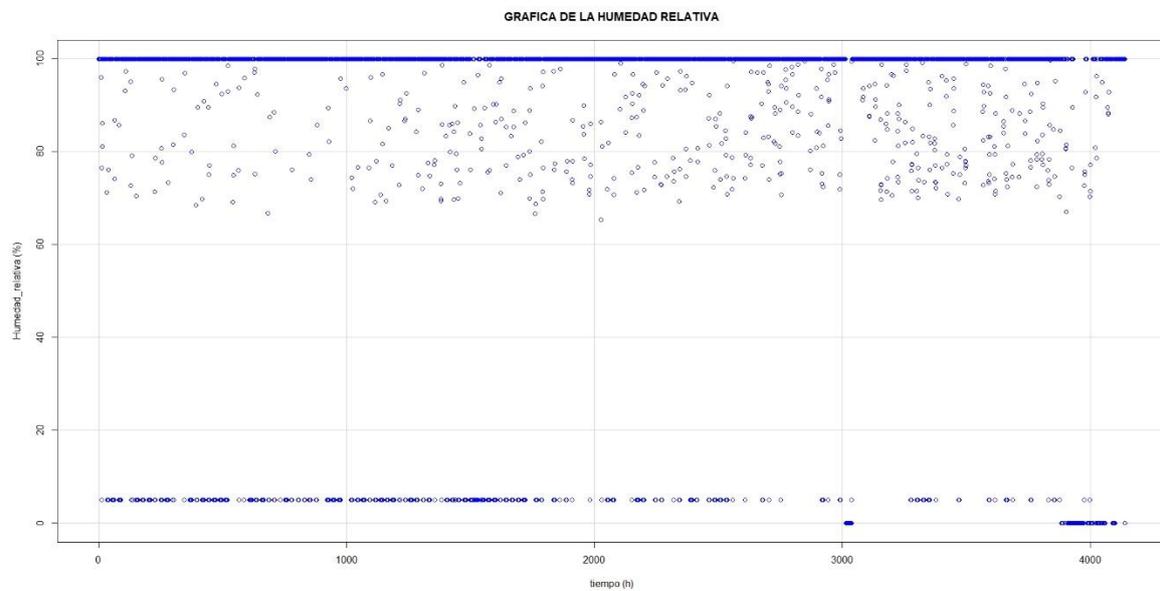
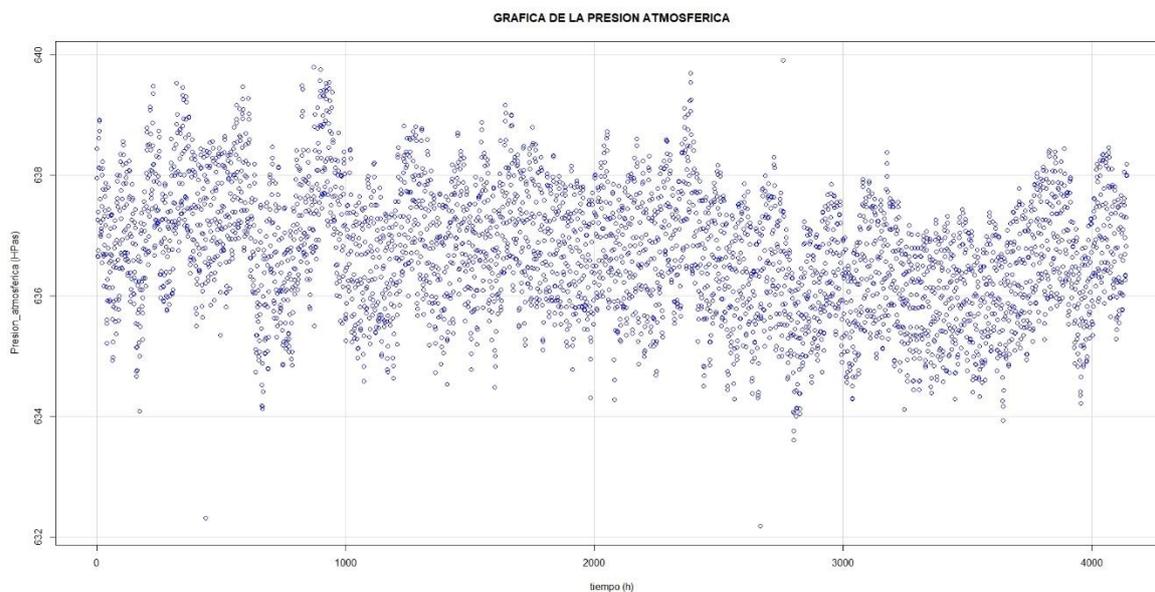


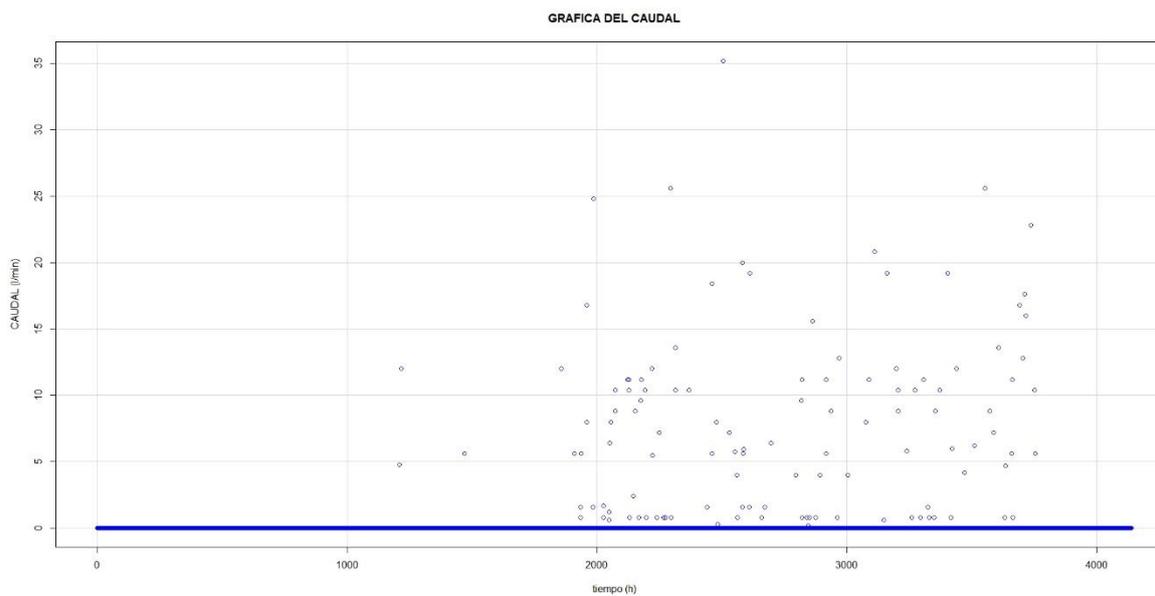
Figura 88. Grafica estadística Humedad relativa vs Tiempo  
Fuente: Autores

## Presión Atmosférica



**Figura 89.** Grafica estadística Presión atmosférica vs Tiempo  
**Fuente:** Autores

## Caudal



**Figura 90.** Grafica estadística Caudal vs Tiempo  
**Fuente:** Autores

## **Análisis, Interpretación y Discusión**

En la gráfica de la temperatura no se aprecia una tendencia marcada, pero se ve un acumulamiento de los datos en torno al intervalo desde los 3°C hasta 8°C lo que nos dice que la temperatura que prima en el páramo de Valparaíso determina un clima frío. En cuanto a la gráfica de la Humedad Relativa se ve una tendencia clara de una Distribución uniforme en torno al intervalo 90%-100% de humedad lo que podemos interpretar que en la zona del páramo lo que prevalece es la humedad relativa atmosférica determinando que hay un buen manejo de este. Por otro lado, la gráfica de la presión Atmosférica establece una clara tendencia en torno al intervalo desde los 635 HPa hasta los 638 Hpa (1 Hpa equivale a 1 milibar) lo que determina un resultado esperado: al estar el sensor a una altura fija, la presión atmosférica permanece constante determinándose una pequeña variación posiblemente por la temperatura o humedad relativa de la atmósfera local. En cuanto a la gráfica del Caudal resulta claro que la tendencia es de 0 l/min por cuanto muy pocas veces la piscina verdaderamente almacena el agua dulce del ecosistema páramo como debería esperarse.

**Tabla 10.** Datos analizados en R

|                            | <b>mean</b> | <b>sd</b> | <b>IQR</b> | <b>0%</b> | <b>25%</b> | <b>50%</b> | <b>75%</b> | <b>100%</b> | <b>n</b> |
|----------------------------|-------------|-----------|------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|----------|
| <b>Caudal</b>              | 0.2230201   | 1.729096  | 0.000      | 0.00      | 0.00       | 0.00       | 0.000      | 35.20       | 4139     |
| <b>Humedad relativa</b>    | 81.9835274  | 35.430505 | 10.350     | 0.00      | 89.90      | 99.90      | 99.900     | 99.90       | 4139     |
| <b>Presión Atmosférica</b> | 636.7013380 | 1.051072  | 1.530      | 632.18    | 635.70     | 636.70     | 637.460    | 639.91      | 4139     |
| <b>Temperatura</b>         | 9.0607248   | 6.062584  | 8.545      | 0.15      | 4.81       | 6.38       | 13.355     | 30.42       | 4139     |

Fuente: Autores

## **ANÁLISIS, INTEPRETACIÓN Y DISCUCION**

Desde la tabla obtenida con R se ve que:

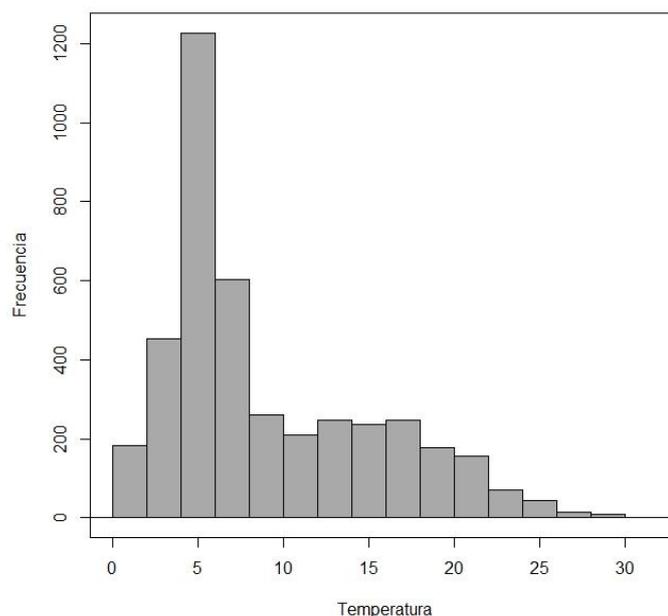
- Para la Temperatura la media es de aproximadamente 9.06°C que determina una baja temperatura para el Ecosistema Páramo, pero se ve también desde la desviación estándar 6.06 °C que existe un significativo cambio de temperatura, lo que explica el funcionamiento no óptimo de la batería que almacena la energía eléctrica desde el panel solar.
- Para la Humedad Relativa la media es de aproximadamente 81.98% lo que determina un ambiente bastante húmedo. Existe también una variación de humedad relativamente grande como se ve en la desviación estándar de

aproximadamente 35.43% lo que explica por qué la humedad relativa del medio disminuye cercano al medio día debido a la presencia del sol cerca del zenit.

- Para la Presión Atmosférica la media es de aproximadamente 636.70 HPa con una desviación estándar de aproximadamente 1.05 HPa. Esto determina claramente que la presión Atmosférica depende en gran medida de la Altura. Al estar la estación meteorológica en un punto fijo a 4100 m.s.n.m. la presión Atmosférica permanece relativamente constante (la presión atmosférica a nivel del mar es 1013 HPa). Las pequeñas variaciones podrían deberse al cambio de la temperatura y humedad presentes y cambiantes durante el transcurso del día.
- Para el Caudal la media es de aproximadamente 0.22 l/min con una desviación estándar de aproximadamente 1.73 l/min. Se ve claramente que la piscina de San Carlos-Yanarumi no está cumpliendo su función de almacenar el agua dulce del páramo y por su desviación estándar (nótese mayor que la media) hay un enorme gradiente en el caudal lo que explica que muy pocas veces en épocas de lluvia la piscina se llena parcialmente con una pequeña cantidad de agua.

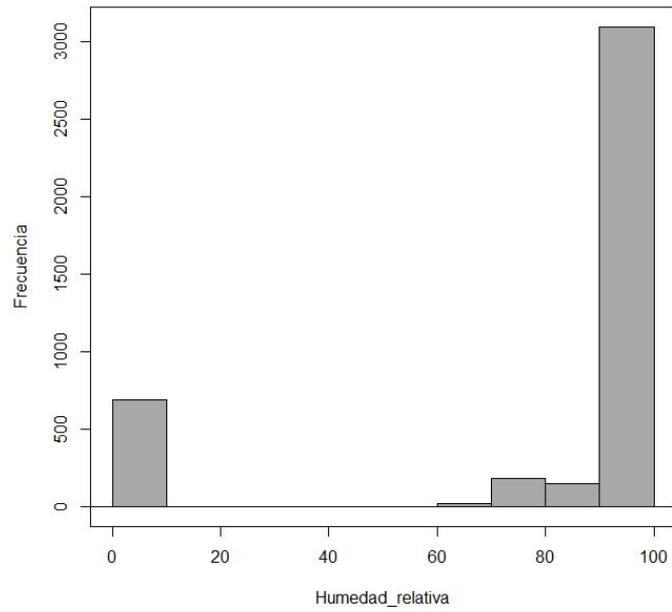
## Histograma de Frecuencias

### Temperatura



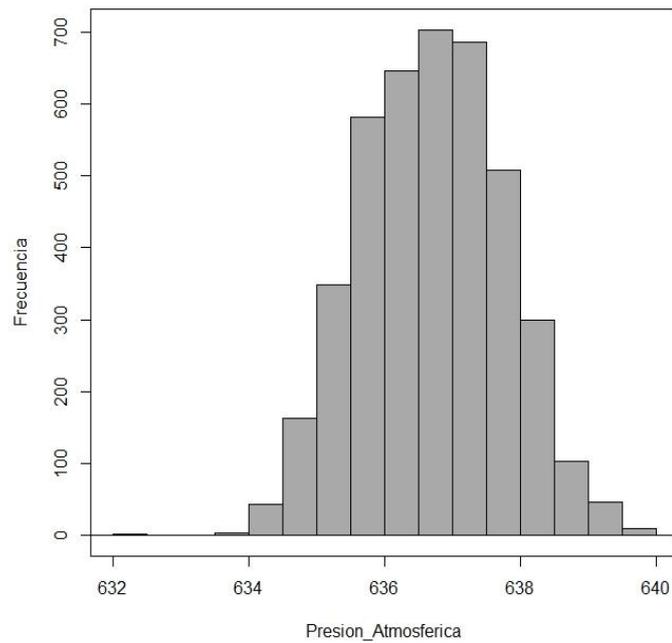
**Figura 91.** Histograma Temperatura  
**Fuente:** Autores

## Humedad Relativa



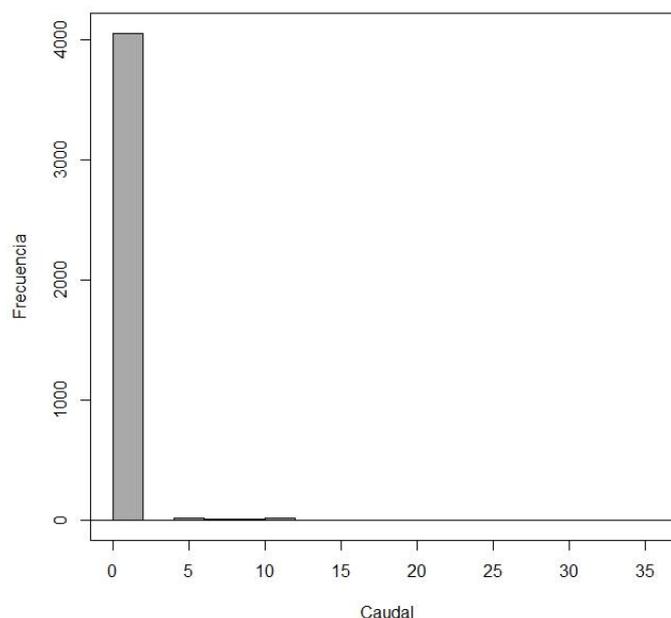
**Figura 92.** Histograma Humedad Relativa  
**Fuente:** Autores

## Presión Atmosférica



**Figura 93.** Presión Atmosférica  
**Fuente:** Autores

## Caudal



**Figura 94.** Histograma Caudal

Fuente: Autores

### Análisis, Interpretación y Discusión

- Para la Temperatura los datos acumulados tienden a una distribución de probabilidades normalizada con un claro sesgo hacia la media. Es decir, los datos se acumulan cerca de una temperatura baja.
- Para la Humedad Relativa los datos se acumulan cerca del valor máximo. Se nota claramente la enorme variación de la distribución. Su distribución claramente es más uniforme.
- Para la Presión Atmosférica los datos acumulados tienden también a una distribución normal, debido principalmente a la gran dependencia de la presión atmosférica con la altura y a que la estación meteorológica esta fija.
- Para el Caudal los datos se acumulan hacia el cero. Esto explica la filtración de la piscina por el fondo.

### Test de Normalidad de los Datos

#### Análisis e Interpretación

Como el número de datos es grande (4139 datos  $\gg$  50 datos) se utiliza el test de Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov)) para la prueba de Normalidad de las 4 variables:

#### Temperatura

Data: Temperatura

$$D = 0.18644, p\text{-value} < 2.2e-16$$

**Fórmula 5.** Test de Normalidad de Lilliefors de Temperatura

- Debido a que el p-valor es menor que 0.05 los datos de la muestra para la temperatura no siguen una distribución de probabilidades normalizada por su gran desviación estándar y a su tendencia a subir en el día rango 12h00-15h00 y a disminuir en la noche rango 00h00-03h00.

### **Humedad Relativa**

Data: Humedad\_relativa

$$D = 0.41127, p\text{-value} < 2.2e-16$$

**Fórmula 6.** Test de Normalidad de Lilliefors de Humedad Relativa

- Debido a que el p-valor es menor que 0.05 los datos de la muestra para la Humedad Relativa no siguen una distribución de probabilidades normalizada por su tendencia a una distribución uniforme y a su gran desviación estándar,

### **Presion Atmosférica**

Data: Presion\_Atmosferica

$$D = 0.023455, p\text{-value} = 0.00001988$$

**Fórmula 7.** Test de Normalidad de Lilliefors de Presión Atmosférica

- Debido a que el p-valor es menor que 0.05 los datos de la muestra para la Presión Atmosférica no siguen una distribución de probabilidades normalizada por su tendencia a una distribución uniforme y a su pequeña desviación estándar.

### **Caudal**

Data: Caudal

$$D = 0.5228, p\text{-value} < 2.2e-16$$

**Fórmula 8.** Test de Normalidad de Lilliefors de Caudal

- Debido a que el p-valor es menor que 0.05 los datos de la muestra para el Caudal no siguen una distribución de probabilidades normalizada por su tendencia a una distribución uniforme y a su gran desviación estándar.

## CORRELACIÓN DE VARIABLES (CORRELACIÓN BI-VARIADA)

Desde el análisis anterior, resulta claro que para la muestra de los datos de las variables climatológicas tomados por la estación meteorológica, no podemos utilizar un formalismo Paramétrico para el cálculo numérico de correlación. Por esta razón, el cálculo de la correlación bi-variada, para las variables medidas, utiliza un formalismo NO PARAMÉTRICO: Test de Correlación con el Coeficiente de Spearman con una hipótesis alternativa bilateral.

**Tabla 11.** Correlación Spearman de todas las variables

|                     | Caudal  | Humedad Relativa | Presión Atmosférica | Temperatura |
|---------------------|---------|------------------|---------------------|-------------|
| Caudal              | 1.0000  | 0.0096           | -0.0615             | 0.0842      |
| Humedad Relativa    | 0.0096  | 1.0000           | -0.0439             | -0.6036     |
| Presión Atmosférica | -0.0615 | 0.0438           | 1.0000              | -0.0650     |
| Temperatura         | 0.0842  | -0.6036          | -0.0650             | 1.0000      |

Fuente: Autores

**Tabla 12.** Resultados Correlación Spearman de todas las variables

|                     | Caudal | Humedad Relativa | Presión Atmosférica | Temperatura |
|---------------------|--------|------------------|---------------------|-------------|
| Caudal              |        | 0.5382           | <.0001              | <.0001      |
| Humedad Relativa    | 0.5382 |                  | 0.0048              | <.0001      |
| Presión Atmosférica | <.0001 | 0.0048           |                     | <.0001      |
| Temperatura         | <.0001 | <.0001           | <.0001              | <.0001      |

Fuente: Autores

La Matriz de correlaciones y los p-valores pareados indican claramente que:

- Existe una correlación entre la Presión Atmosférica y el Caudal
- Existe una pequeña correlación entre la Presión Atmosférica y la Humedad Relativa
- Existe una correlación entre la Presión Atmosférica y la Temperatura

Esto puede explicar que las pequeñas variaciones del valor de la Presión atmosférica, que debería ser una constante por el carácter fijo de la ubicación de la estación meteorológica, se deben a su dependencia con la Humedad Relativa y especialmente con los cambios de la Temperatura.

- Existe una correlación entre la Temperatura y el Caudal
- Existe una correlación entre la Temperatura y la Humedad Relativa

Resulta claro con esta correlación que la Humedad Relativa depende de la Temperatura, notándose esto en las horas de mayor temperatura, debido a que la presencia del sol disminuye notablemente la presencia y acumulación de neblina en torno a la estación. Una correcta recolección, almacenamiento y cosecha de agua debería considerar por tanto el uso de membranas de condensación de agua para optimizar la función de la piscina.

- Extrañamente no existe correlación entre la Humedad Relativa y el Caudal

Este fenómeno, aunque no esperado, indica el mal funcionamiento de la piscina de San-Carlos. Es decir, la piscina no cumple con su función de almacenamiento del agua dulce, puesto que (y esto dicen los primeros datos tomados del sismógrafo implementado también en la estación meteorológica) existe una enorme filtración del agua hacia el fondo por cuanto este fondo no está impermeabilizado.

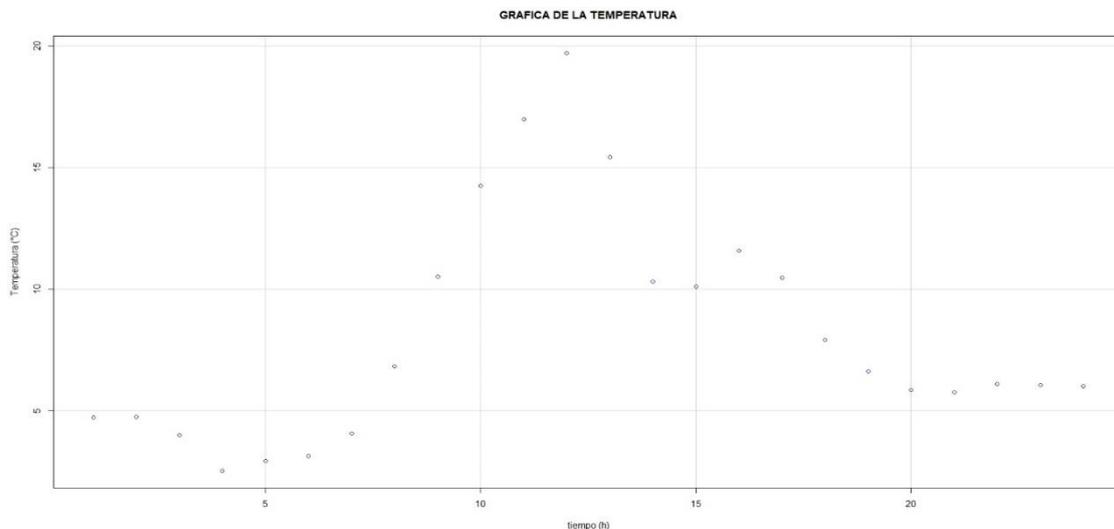
### **Con Un Día Tomado Al Azar De Cada Una De Las Variables (Ver Anexo 11)**

Se procedió con la determinación de un día al azar desde la población, utilizando un método pseudo aleatorio, con el objetivo de probar el test de normalidad de los datos y el tipo de correlación entre las variables y comparar con el análisis anterior para todos los datos de la muestra.

Utilizando el ordenador y el programa R, se encuentra de los 913 días que conforman la población el día 20 de noviembre de 2020 (número aleatorio entre 1 y 913)

### **Gráficas**

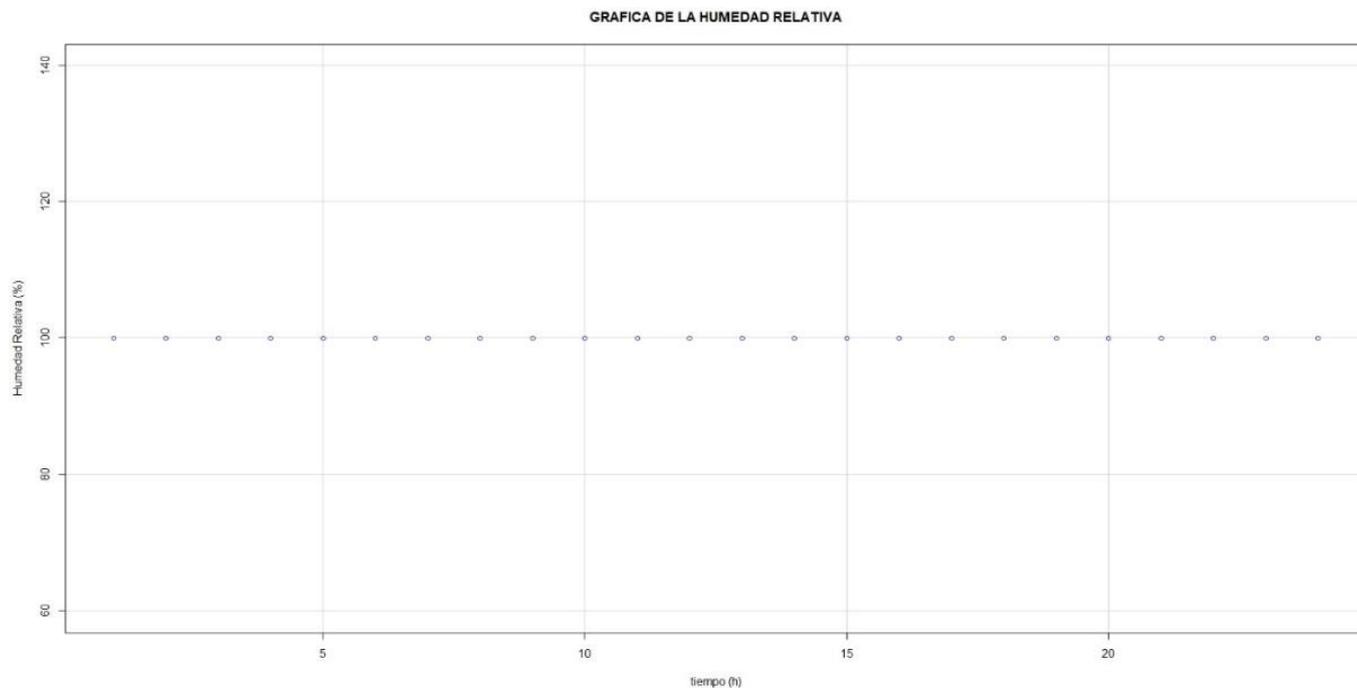
#### **Temperatura**



**Figura 95.** Grafica al azar temperatura

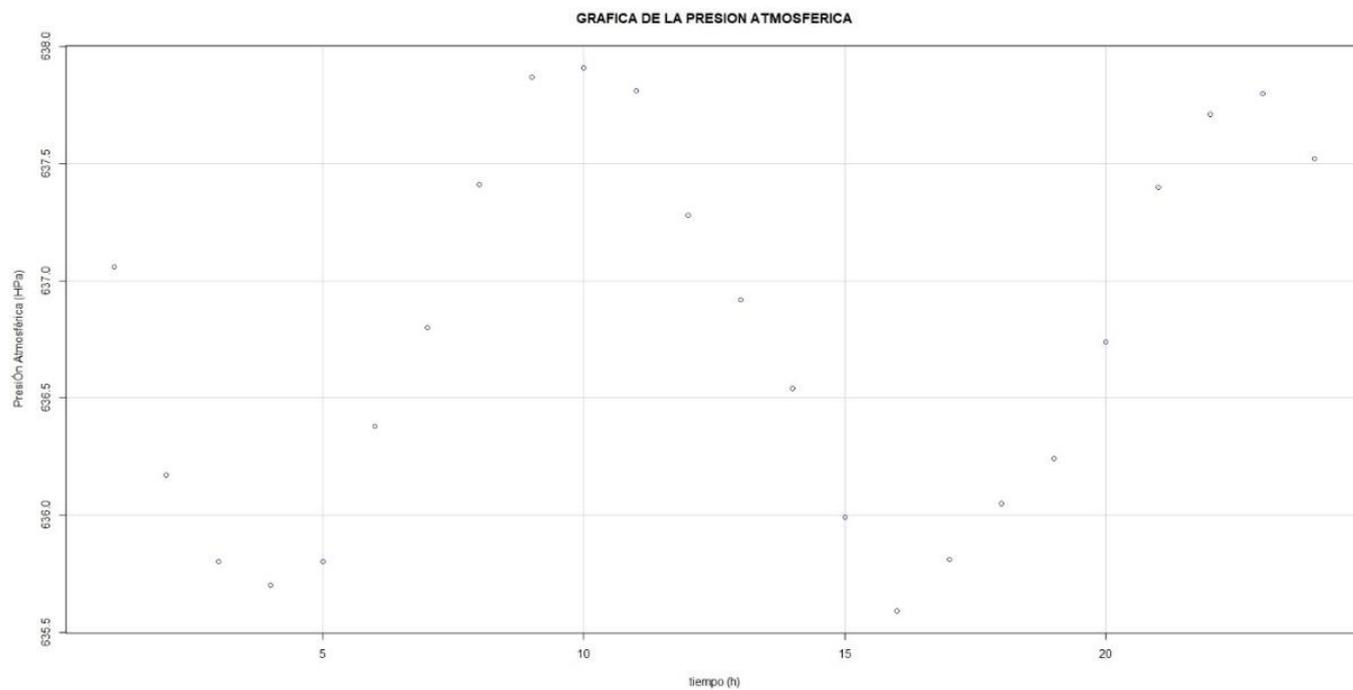
**Fuente:** Autores

## Humedad Relativa



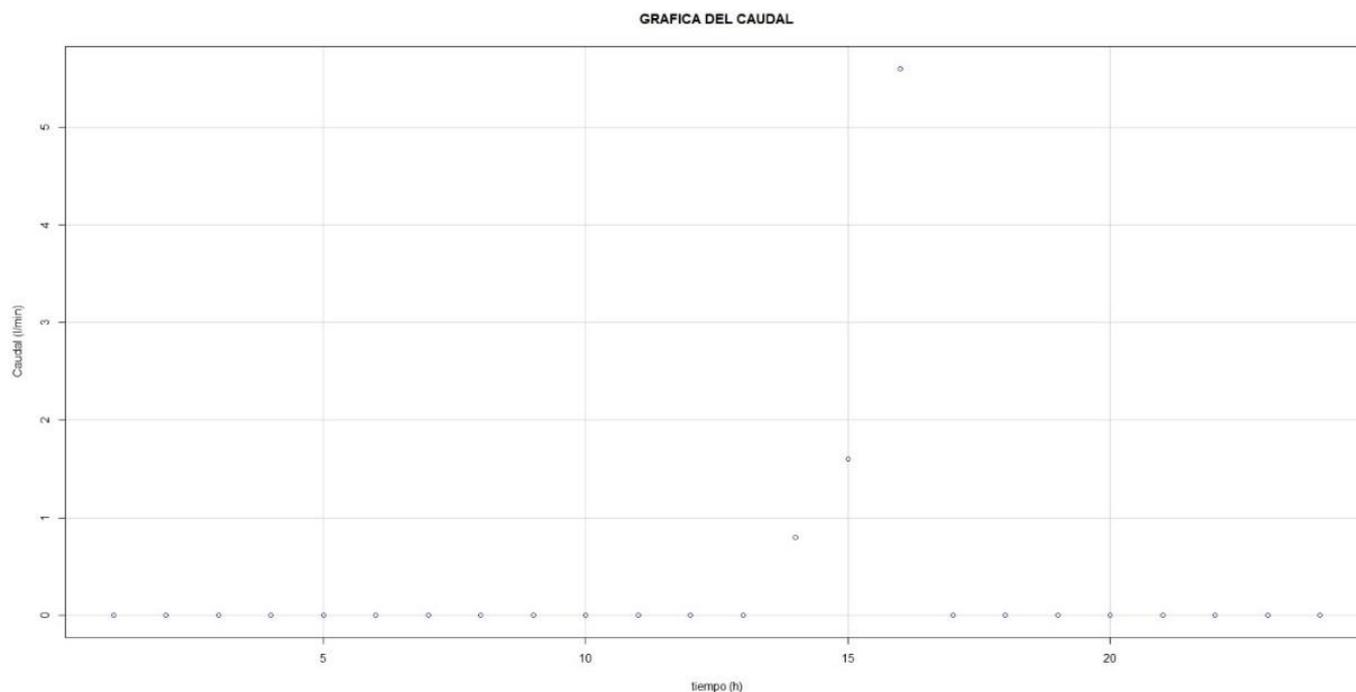
**Figura 96.** Grafica al azar Humedad Relativa  
**Fuente:** Autores

## Presión Atmosférica



**Figura 97.** Grafica al azar Presión Atmosférica  
**Fuente:** Autores

## Caudal



**Figura 98.** Grafica al azar Caudal  
**Fuente:** Autores

### Análisis, Interpretación Y Discusión

- Los datos de la temperatura en un día tienden claramente a una distribución de probabilidad normalizada con un máximo cercano a los de 20 °C y un mínimo cercano a los 2 °C. La gráfica muestra además que existe más uniformidad para la temperatura cuando crece durante la mañana hasta la tarde, mientras que cuando decrece la disminución es menos uniforme teniendo un ligero crecimiento cercano a las 16h00, para decrecer luego rápidamente. Esta variación se interpreta debido a la presencia de fuertes vientos en la tarde (como demuestran los primeros datos del anemómetro implementado también en la estación meteorológica) por el clima soleado y nublado repitiéndose durante un par de horas en la tarde.
- Los datos de la Humedad Relativa muestran una tendencia claramente uniforme y muy húmeda durante el día debido a la época lluviosa del mes de noviembre.
- Los datos de la Humedad Relativa evidencian una clara subida y bajada del valor del porcentaje de humedad durante el día, donde se ve una bajada y subida hacia

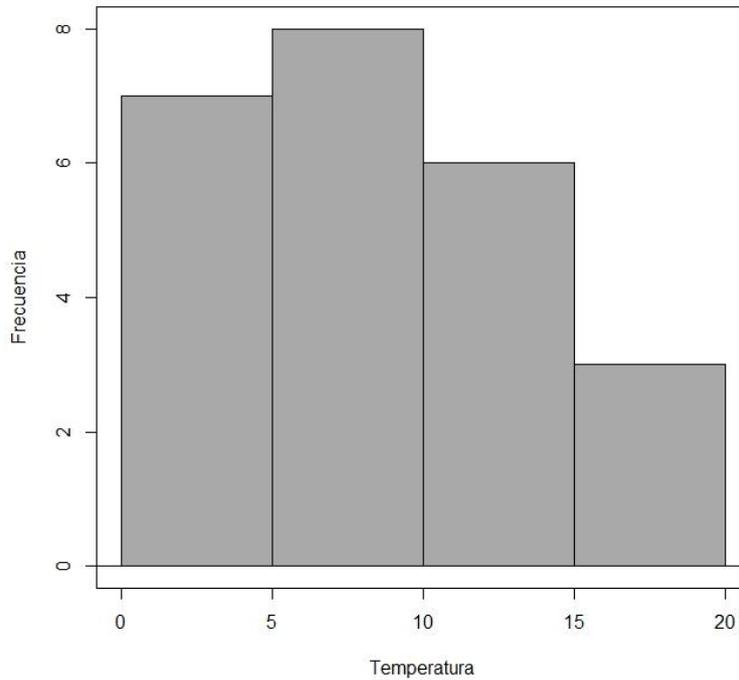
las 16h00 lo que explicaría una relación entre la Temperatura y la Presión Atmosférica.

- Nuevamente los datos del caudal se mantienen en torno a cero con valores diferentes hacia las 15h00 lo que indica que el día fue lluvioso y por esta razón la piscina almacena por unas horas agua dulce antes de filtrarse por el fondo de esta.

En cuanto a la gráfica del Caudal resulta claro que la tendencia es de 0 l/min por cuanto muy pocas veces la piscina verdaderamente almacena el agua dulce del ecosistema páramo como debería esperarse.

### Histograma de Frecuencias

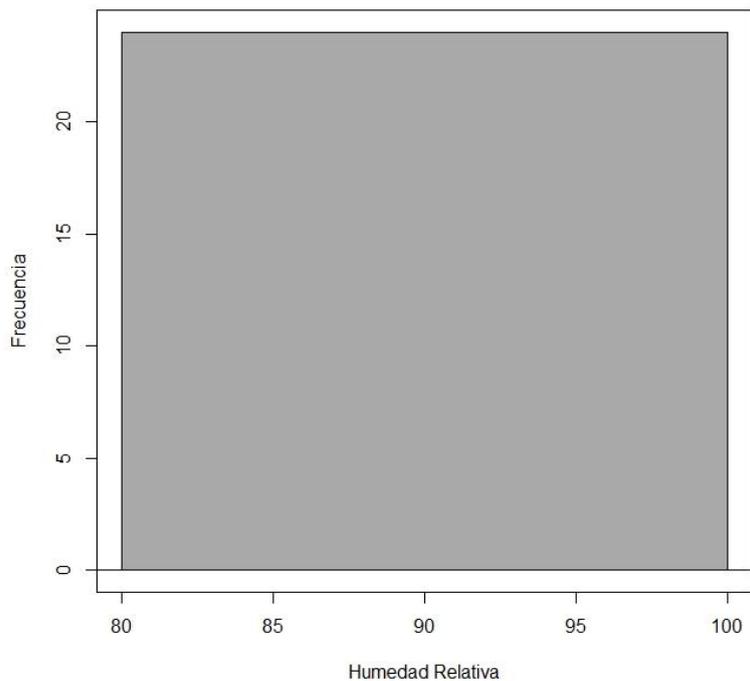
#### Temperatura



**Figura 99.** Histograma frecuencia Temperatura

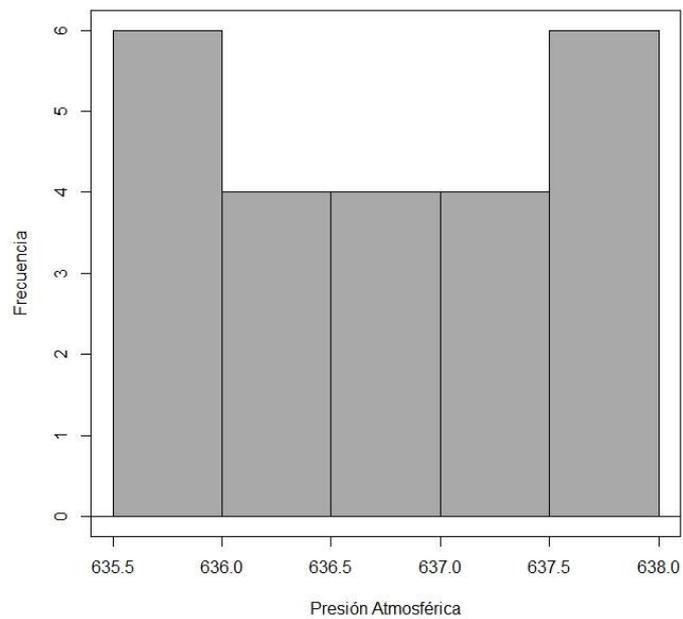
**Fuente:** Autores

### Humedad Relativa



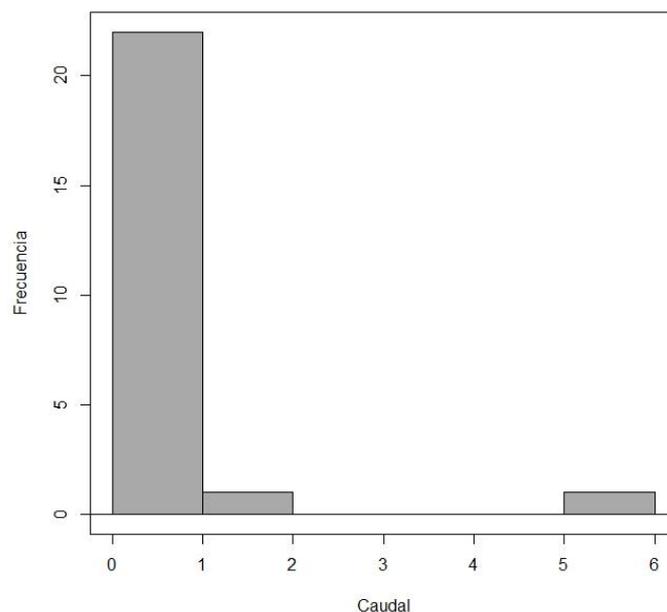
**Figura 100.** Histograma frecuencia Humedad Relativa  
**Fuente:** Autores

### Presión Atmosférica



**Figura 101.** Histograma frecuencia Presión Atmosférica  
**Fuente:** Autores

## Caudal



**Figura 102.** Histograma frecuencia Caudal  
**Fuente:** Autores

### **Análisis, Interpretación y Discusión**

- Para la Temperatura los datos acumulados tienden a una distribución de probabilidades normalizada con un pequeño sesgo hacia la media. Es decir, los datos se acumulan cerca de una temperatura baja. Esto resulta claro para un día lluvioso.
- Para la Humedad Relativa los datos se acumulan casi por completo hacia un valor muy alto. Se nota claramente la uniformidad de la de la distribución. Es evidente que el día fue lluvioso.
- Para la Presión Atmosférica los datos acumulados no tienden a una distribución normal, debido principalmente a la gran dependencia de la presión atmosférica con la altura y sobre todo al gradiente de temperatura en un día lluvioso.
- Para el Caudal los datos se acumulan hacia el cero, pero existen datos para un caudal mínimo. Esto evidencia un día lluvioso en el que, pese a la filtración, la piscina tuvo un nivel de agua superior a la ubicación del sensor de caudal.

## Test de Normalidad de los datos

### Análisis e Interpretación

Como el número de datos es pequeño (24 datos < 50 datos) se utiliza el Test de Shapiro-Wilk para la prueba de Normalidad de las 4 variables:

#### TEMPERATURA

Data: Temperatura

$$W = 0.90099, p\text{-value} = 0.02259$$

**Fórmula 9.** Test de Normalidad de Shapiro-Wilk Temperatura

- Debido a que el p-valor es un poco menor que 0.05 los datos de la muestra para la temperatura no siguen una distribución de probabilidades normalizada (aunque se aproxima mucho) por su gran desviación estándar y a su tendencia a subir en el día rango 12h00-15h00 y a disminuir en la noche rango 00h00-03h00 similar al cálculo con los datos de la muestra.

#### HUMEDAD REALATIVA

- Debido a la distribución por completo de los datos hacia el 100%, no es posible hacer un test de normalidad para estos datos. Evidentemente no obedecen a una distribución normal de probabilidad similar al cálculo con los datos de la muestra.

#### PRESION ATMOSFERICA

Data: Presion\_Atmosferica

$$W = 0.91541, p\text{-value} = 0.04628$$

**Fórmula 10.** Test de Normalidad de Shapiro-Wilk Presión Atmosférica

- Debido a que el p-valor es apenas menor que 0.05 los datos de la muestra para la Presión Atmosférica no siguen una distribución de probabilidades normalizada por su tendencia a una distribución casi uniforme (aunque sus datos se acercan mucho a la normalidad) y a su pequeña desviación estándar muy diferente al cálculo con los datos de la muestra.

#### CAUDAL

Data: Caudal

$$W = 0.32327, p\text{-value} = 0.00000000159$$

**Fórmula 11.** Test de Normalidad de Shapiro-Wilk Caudal

- Debido a que el p-valor es menor que 0.05 los datos de la muestra para el Caudal no siguen una distribución de probabilidades normalizada por su tendencia a una distribución casi uniforme y a su gran desviación estándar similar al cálculo con los datos de la muestra. Sin embargo, existe una ligera diferencia con la distribución de los datos lo suficientemente grande como para evidenciar un día lluvioso.

### Correlación de Variables (Correlación Bi-Variada)

Desde el análisis anterior, resulta también claro (casi con excepción de presión atmosférica localizada) que para la muestra de los datos de las variables climatológicas tomados por la estación meteorológica, no podemos utilizar un formalismo Paramétrico para el cálculo numérico de correlación. Por esta razón, el cálculo de la correlación bi-variada, para las variables medidas, también utiliza un formalismo NO PARAMÉTRICO: El Test de Correlación será por tanto el Coeficiente de Spearman con una hipótesis alternativa bilateral.

**Tabla 13.** Correlación separan bilateral

|                     | Caudal  | Humedad Relativa | Presión Atmosférica | Temperatura |
|---------------------|---------|------------------|---------------------|-------------|
| Caudal              | 1.0000  | NaN              | -0.3692             | 0.2859      |
| Humedad Relativa    | NaN     | 1                | NaN                 | NaN         |
| Presión Atmosférica | -0.3692 | NaN              | 1.0000              | 0.3656      |
| Temperatura         | 0.2859  | NaN              | 0.3636              | 1.0000      |

Fuente: Autores

**Tabla 14.** Resultados de Correlación separan bilateral

|                     | Caudal | Humedad Relativa | Presión Atmosférica | Temperatura |
|---------------------|--------|------------------|---------------------|-------------|
| Caudal              |        | NaN              | 0.0758              | 0.1756      |
| Humedad Relativa    | NaN    |                  | NaN                 | NaN         |
| Presión Atmosférica | 0.0753 | NaN              |                     | 0.0754      |
| Temperatura         | 0.1756 | NaN              | 0.0754              |             |

Fuente: Autores

La Matriz de correlaciones y los p-valores pareados indican claramente que:

- No Existe una correlación entre la Presión Atmosférica y el Caudal
- No Existe correlación entre la Presión Atmosférica y la Humedad Relativa
- No Existe una correlación entre la Presión Atmosférica y la Temperatura

Esto puede explicar que las pequeñas variaciones del valor de la Presión atmosférica, que debería ser una constante por el carácter fijo de la ubicación de la estación meteorológica,

se deben a su dependencia con la Humedad Relativa (constante cercano al 100%) y especialmente por un poco cambio de la Temperatura (tendencia a bajas temperaturas en días lluviosos). En un solo día y con lluvia esto puede ser muy difícil de determinar.

- No Existe una correlación entre la Temperatura y el Caudal
- No Existe una correlación entre la Temperatura y la Humedad Relativa

Resulta claro con esta correlación que la Humedad Relativa no depende de la Temperatura volviéndose muy difícil concluir algo certero con los datos de un solo día.

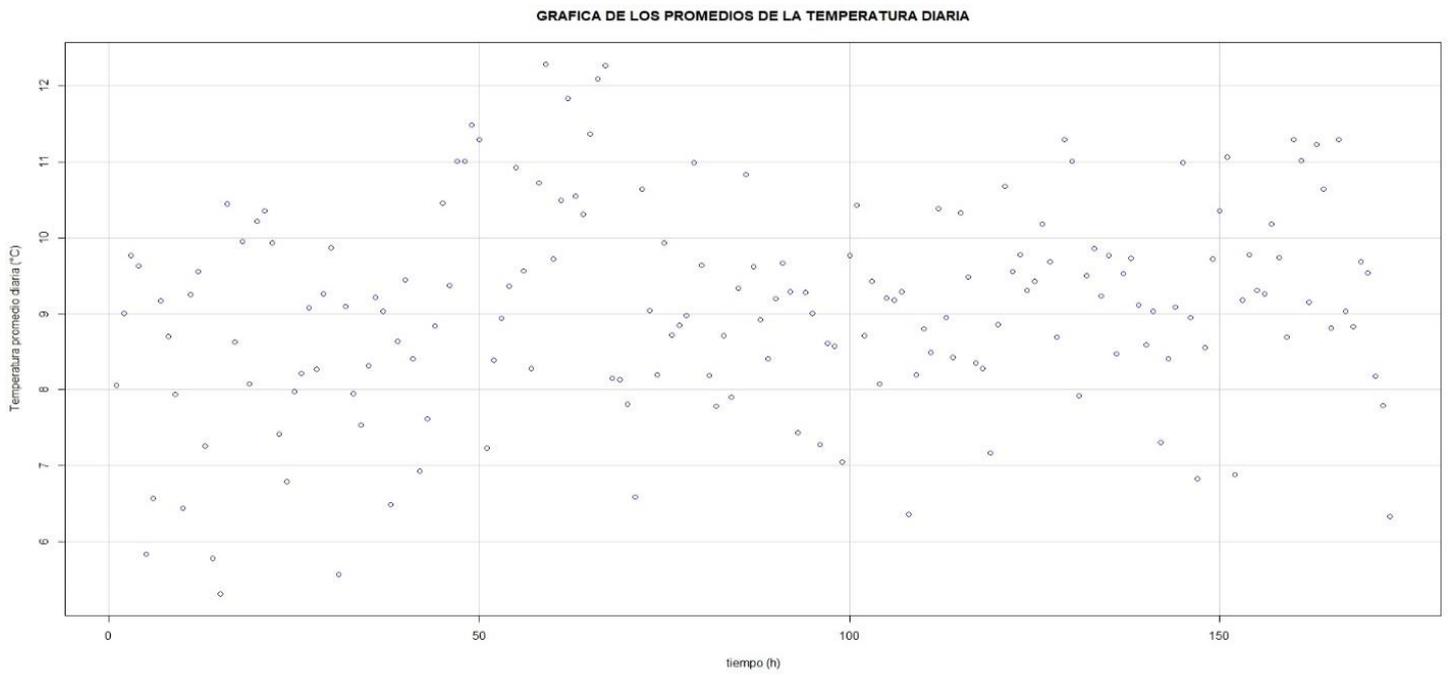
- No existe correlación entre la Humedad Relativa y el Caudal

Este fenómeno debería ser más claro en un día lluvioso, sin embargo, los datos de un solo día son insuficientes para hacer inferencia. Podemos decir también que la piscina no cumple con su función de almacenamiento del agua dulce puesto que se evidencia una enorme filtración del agua pese a la lluvia hacia el fondo por cuanto este fondo no está impermeabilizado.

#### **Con Los Promedios Diarios De Toda La Muestra Para Cada Una De Las Variables (Ver Anexo 12) Gráficas**

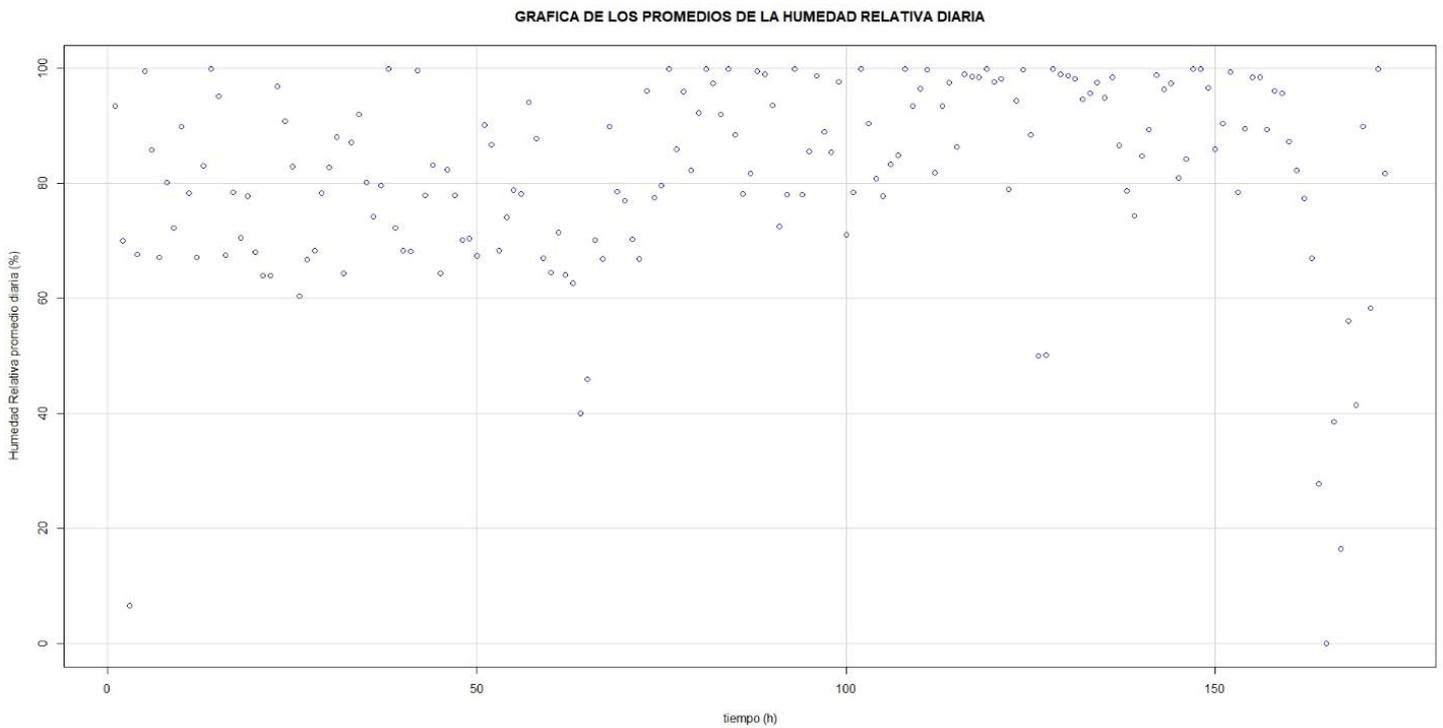
Primero se elabora una base de datos con los promedios de todos los días para toda la muestra. Es decir, por ejemplo, para la Temperatura se tiene el promedio de los datos del 01-12-2020, luego el promedio de los datos del 02-12-2020 y así sucesivamente con todos los datos de todos los días de la muestra para cada una de las 4 variables tomando a la variable tiempo como la variable independiente y a las variables Temperatura, Humedad Relativa, Presión Atmosférica y Caudal como las variables dependientes. El objetivo (si el número de nuevos datos promedio es suficientemente grande) es utilizar El Teorema Central del límite para así hacer uso de la teoría de la Estadística Paramétrica, sobre todo en el análisis de correlación bi-variada.

## Temperatura



**Figura 103.** Grafica de Temperatura vs Tiempo  
**Fuente:** Autores

## Humedad Relativa



**Figura 104.** Grafica de Humedad Relativa vs Tiempo  
**Fuente:** Autores

## Presión Atmosférica

GRAFICA DE LOS PROMEDIOS DE LA PRESION ATMOSFERICA DIARIA

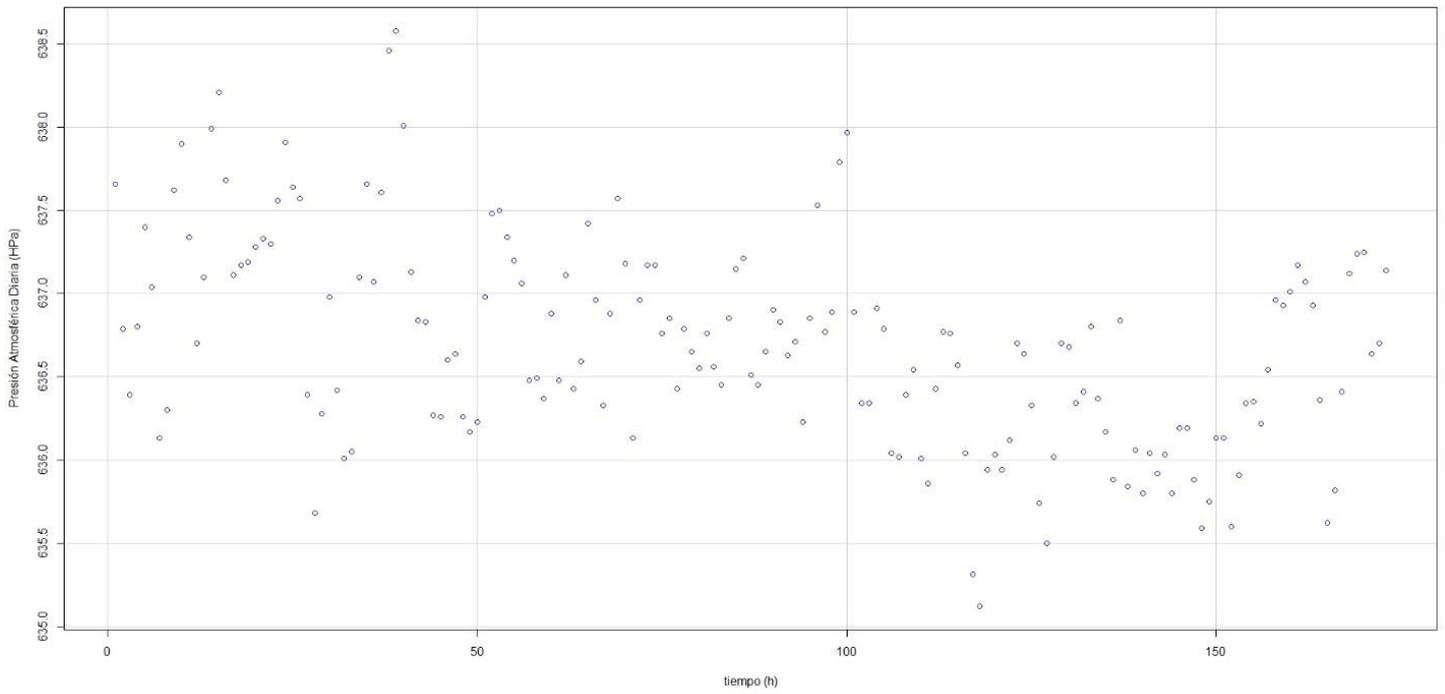


Figura 105. Grafica de Presión atmosférica vs Tiempo

Fuente: Autores

## Caudal

GRAFICA DE LOS PROMEDIOS DEL CAUDAL DIARIO

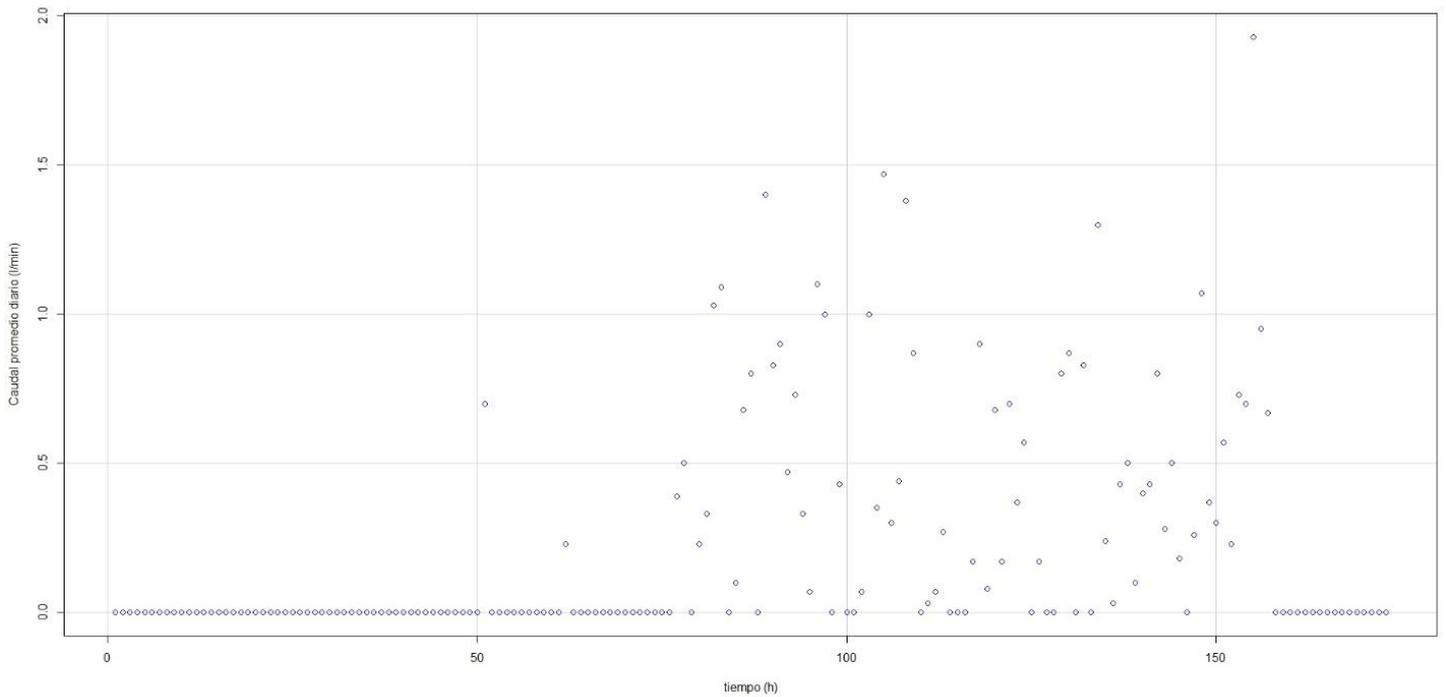


Figura 106. Grafica de Caudal vs Tiempo

Fuente: Autores

## Análisis, Interpretación Y Discusión

- En la gráfica de la temperatura no se aprecia una tendencia marcada, pero se ve un acumulamiento de los datos en torno al intervalo desde los 7°C hasta 10°C lo que nos dice que la temperatura que prima en el páramo de Valparaíso nuevamente (y de manera más clara) determina un clima frío.
- En cuanto a la gráfica de la Humedad Relativa se ve también una tendencia clara de una Distribución Uniforme en torno al intervalo 90%-100% de humedad por lo que podemos interpretar que en la zona del páramo lo que prevalece es la humedad relativa atmosférica determinando que hay un buen manejo de este.
- Por otro lado, la gráfica de la presión Atmosférica establece una clara tendencia en torno al intervalo desde los 635 HPa hasta los 638 HPa lo que determina un resultado esperado no muy diferente que aquel con toda la muestra. La varianza de los datos es ligeramente menor en esta nueva distribución.
- En cuanto a la gráfica del Caudal es muy notorio el cambio en el comportamiento de los datos promedio diario pues antes era clara la tendencia a 0 l/min. Aún así, la no impermeabilización de la piscina evita un claro almacenamiento del agua dulce.

## Estadísticos

**Tabla 15.** Correlación separan bilateral

|                     | mean        | sd         | IQR   | 0%     | 25%    | 50%    | 75%    | 100%   | n   |
|---------------------|-------------|------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| Caudal              | 0.2246521   | 0.3783894  | 0.35  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.35   | 1.93   | 173 |
| Humedad relativa    | 81.5760694  | 17.5123106 | 23.85 | 0.00   | 72.19  | 84.15  | 96.04  | 99.90  | 173 |
| Presión Atmosférica | 636.6906358 | 0.6260695  | 0.85  | 635.12 | 636.26 | 636.68 | 637.11 | 638.58 | 173 |
| Temperatura         | 9.0712717   | 1.3581334  | 1.50  | 5.31   | 8.28   | 9.12   | 9.78   | 12.29  | 173 |

Fuente: Autores

## Análisis, Interpretación y Discusión

Desde la tabla obtenida con R se ve que:

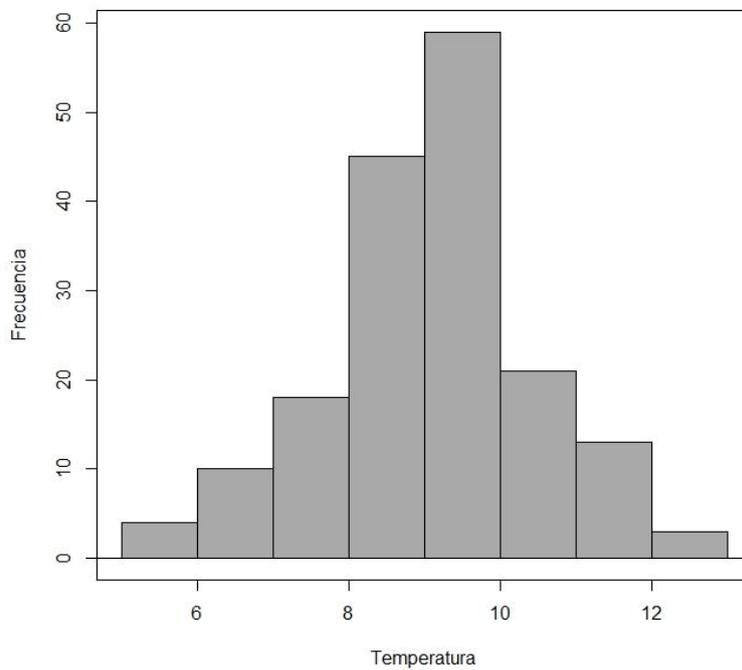
- Para la Temperatura la media es de aproximadamente 9.07 °C mientras que la desviación estándar es aproximadamente 1.35 °C significativamente menor que antes. Esto evidencia que los datos están mucho menos dispersos en torno a la media.
- Para la Humedad Relativa la media es de aproximadamente 81.57 % mientras que la desviación estándar de aproximadamente 17.51 % muy por debajo de aquella

para los datos de toda la muestra. Los datos ligeramente están menos dispersos en esta nueva distribución.

- Para la Presión Atmosférica la media es de aproximadamente 636.69 HPa con una desviación estándar de aproximadamente 0.62 HPa. Otra vez los datos se aglomeran más hacia la media.
- Para el Caudal la media es de aproximadamente 0.22 l/min con una desviación estándar de aproximadamente 0.37 l/min. Los datos tienen menor dispersión y se acumulan en torno a los meses de Noviembre, Diciembre y Enero que es la época más húmeda y lluviosa.

### Histograma de Frecuencias

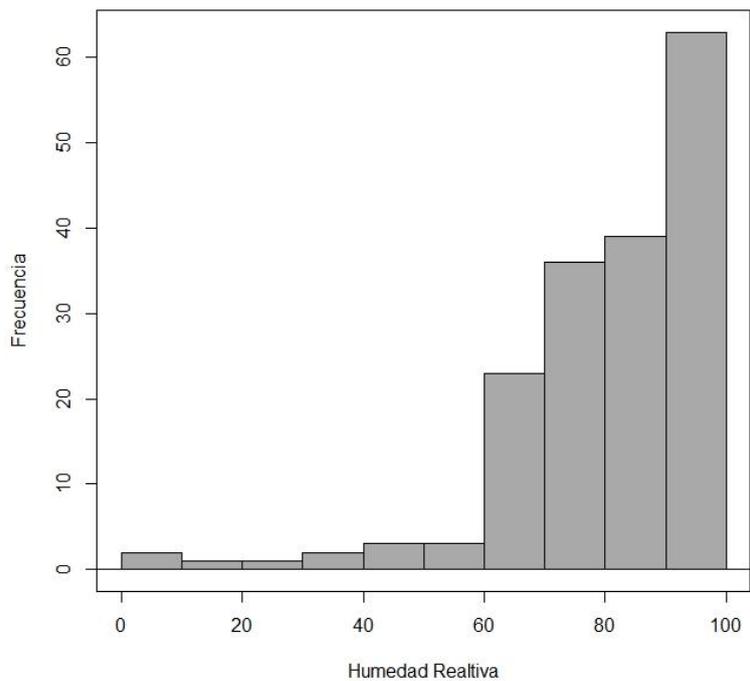
#### Temperatura



**Figura 107.** Histograma Temperatura

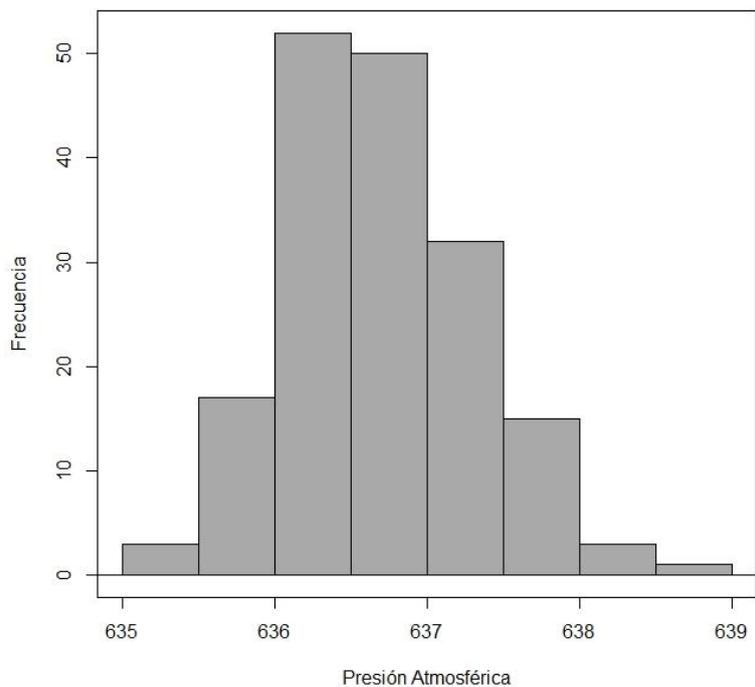
**Fuente:** Autores

### Humedad Relativa



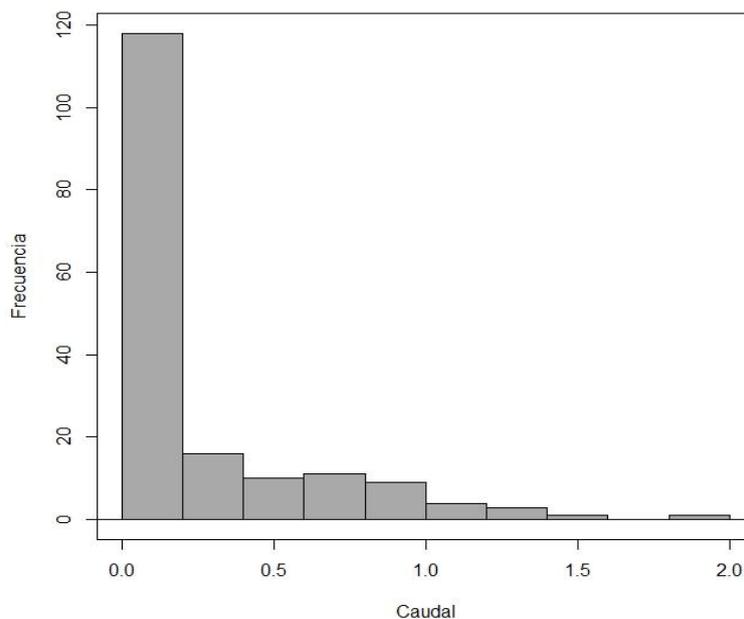
**Figura 108.** Histograma Humedad Relativa  
**Fuente:** Autores

### Presión Atmosférica



**Figura 109.** Histograma Presión atmosférica  
**Fuente:** Autores

## Caudal



**Figura 110.** Histograma Caudal  
**Fuente:** Autores

### **Análisis, Interpretación y Discusión**

- Para la Temperatura los datos acumulados tienden a una distribución de probabilidades normalizada bastante visible. Es decir, los datos se acumulan cerca de una temperatura baja. Esto resulta bastante claro para un ecosistema frío como el páramo.
- Para la Humedad Relativa los datos acumulados tienden a una distribución de probabilidades normalizada. Se nota claramente un sesgo hacia una humedad muy alta típica del ecosistema páramo.
- Para la Presión Atmosférica los datos acumulados tienden claramente a una distribución normal, debido también a la gran dependencia de la presión atmosférica con la altura y sobre todo al gradiente de temperatura en un día lluvioso.
- Para el Caudal los datos acumulados tienden de una forma extraña a una distribución normal con un sesgo hacia el cero. Esto dice que la piscina, aunque poco eficiente, tiene a almacenar algo de agua (antes que se filtre) en los meses de lluvia.

## Test de Normalidad de los Datos

### Análisis, Interpretación y Discusión

Como el número de datos es superior (174 datos > 50 datos) (se utiliza el Test de Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov)) para la prueba de Normalidad de las 4 variables:

#### TEMPERATURA

Data: Temperatura

$$D = 0.058116, p\text{-value} = 0.1641$$

**Fórmula 12.** Segundo Test de Normalidad de Lilliefors de Temperatura

- Debido a que el p-valor es mayor que 0.05 los datos promedio de los días para la temperatura siguen una distribución de probabilidades normalizada.

#### HUMEDAD RELATIVA

Data: Humedad\_relativa

$$D = 0.1477, p\text{-value} = 7.25e-10$$

**Fórmula 13.** Segundo Test de Normalidad de Lilliefors de Humedad Relativa

- Debido a que el p-valor es menor que 0.05 los datos promedio de los días para la humedad relativa no siguen una distribución de probabilidades normalizada. Esto debido a que estos datos claramente siguen una tendencia uniforme.

#### PRESION ATMOSFERICA

Data: Presion\_Atmosferica

$$D = 0.04869, p\text{-value} = 0.4042$$

**Fórmula 14.** Segundo Test de Normalidad de Lilliefors de Presión Atmosférica

- Debido a que el p-valor es prácticamente igual a 0.05 para datos promedio de los días para la humedad relativa podemos decir que en la práctica (y si esta tabla tuviera muchos más datos) siguen una distribución de probabilidades normalizada. Esto solo si vemos a la Presión atmosférica como una variable que varía en pequeñas cantidades probablemente por una dependencia con la temperatura y humedad.

## CAUDAL

Data: Caudal

$$D = 0.33639, p\text{-value} < 2.2e-16$$

**Fórmula 15.** Segundo Test de Normalidad de Lilliefors de Caudal

- Debido a que el p-valor es menor que 0.05 los datos promedio de los días para el caudal no siguen una distribución de probabilidades normalizada. Esto debido a que estos datos claramente siguen una tendencia uniforme por cuanto la piscina no está impermeabilizada y prácticamente toda el agua recogida se filtra. Para una piscina impermeabilizada se estima que esta distribución de datos siga una distribución de probabilidades normalizada.

### Correlación de Variables (Correlación Bi-Variada)

Desde el análisis anterior resulta claro que solo para la Temperatura y la Presión con estos datos, tomados de los promedios diarios de las variables climatológicas desde la estación meteorológica, podemos utilizar un formalismo Paramétrico para el cálculo numérico de correlación. Por esta razón, el cálculo de la correlación bi-variada, para las variables medidas, utiliza un formalismo PARAMÉTRICO: El Test de Correlación será por tanto el Coeficiente de Pearson con una hipótesis alternativa bilateral.

En tanto que, para el Caudal y la Humedad Relativa con estos datos, tomados de los promedios diarios de las variables climatológicas desde la estación meteorológica, podemos utilizar un formalismo No Paramétrico para el cálculo numérico de correlación. Por esta razón, el cálculo de la correlación bi-variada, para las variables medidas, utiliza un formalismo NO PARAMÉTRICO: El Test de Correlación será por tanto el Coeficiente de Spearman con una hipótesis alternativa bilateral.

```
Pearson correlations:
                Presion_Atmosferica  Temperatura
Presion_Atmosferica      1.0000      -0.1919
Temperatura              -0.1919      1.0000

Number of observations: 173

Pairwise two-sided p-values:
                Presion_Atmosferica  Temperatura
Presion_Atmosferica                                0.0114
Temperatura              0.0114
```

**Figura 111.** Correlación Bi-Variada de Pearson de Presión Atmosférica y Temperatura

**Fuente:** Autores

La Matriz de correlaciones y los p-valores pareados indican claramente que:

- No Existe una correlación entre la Presión Atmosférica y la Temperatura

Esto no se esperaba puesto que un análisis con todos los datos de la muestra, indican una clara correlación

```
Spearman correlations:
                Caudal Humedad_relativa
Caudal          1.0000          0.4395
Humedad_relativa 0.4395          1.0000

Number of observations: 173

Pairwise two-sided p-values:
                Caudal Humedad_relativa
Caudal                    <.0001
Humedad_relativa <.0001
```

**Figura 112.** Correlación Bi-Variada de Spearman de Caudal y Humedad Relativa

**Fuente:** Autores

- Existe correlación entre la Humedad Relativa y el Caudal

Este fenómeno es muy claro en épocas lluviosas. Podemos decir también que la piscina cumpliera con su función de almacenamiento, esta correlación probablemente sería mucho más fuerte.

Como podemos ver, la correlación directa con un análisis NO Paramétrico proporciona más información y más certera. Estos cálculos de análisis e interpretación de datos desencadenaron en la forma de la programación para la presentación de los resúmenes de los datos enviados desde la estación meteorológica de Yanarumi a la sede de Ecosur en Riobamba. Además, esto permitirá a los directivos tomar decisiones con respecto al funcionamiento y utilidad de la piscina de San Carlos-Yanarumi.

### **Error Relativo entre los datos Almacenados en la Estación Meteorológica y los datos que llegan a la Sede de Ecosur en la ciudad de Riobamba**

Para el cálculo del error porcentual entre los datos almacenados con respecto a aquello que viajan y llegan a la sede de Ecosur, se procedió a hacer una comparación entre el

número de datos almacenados y guardados en la estación meteorológica desde el 01-09-2020 hasta el 20-02-2021.

Para esto se utilizó la siguiente fórmula:

$$Error\ porcentual = \frac{Núm\ datos\ almacenados - Núm\ datos\ enviados}{Núm\ datos\ almacenados} * 100$$

**Fórmula 16.** Error Porcentual

Para este proyecto se tiene:

$$Error\ porcentual = \frac{4139 - 3983}{4139} * 100 = 3.76\%$$

El valor de 3.06% indica claramente que el error en el envío de los datos, con la tecnología desarrollada e implementada dentro de este trabajo de investigación, está por debajo del error permisible. La diferencia entre el número de datos almacenados por la estación meteorológica de Yanarumi y el número de datos almacenados en la sede de Ecosur en la ciudad de Riobamba se debe principalmente a la calidad de la señal de internet del servicio debido a las condiciones climáticas adversas, a la línea de vista de la señal y al mal funcionamiento de la batería que provee la energía eléctrica para el funcionamiento de estación.

La batería en la estación meteorológica esta inactiva debido a la finalización del período de vida útil de ésta. Por esta razón los datos enviados finalizan el 20-02-2021. Desde esta fecha los datos no están siendo enviados ni almacenados.

## CONCLUSIONES

- La investigación de herramientas de gestión y transferencia de datos es parte fundamental dentro del desarrollo de este proyecto, puesto que nos brinda mejores alternativas para la transferencia y almacenamiento de información climatológica que posteriormente poder ser interpretada por distintos sistemas informáticos. Con el uso de sensores implementados en placas Arduino se puede tener una recolección de datos precisos y en rangos de tiempo definibles, además del uso de la placa RaspberryPi para el almacenamiento y envío de estos datos mediante internet a un terminal definido es útil para tener la información de forma local y externa de manera simultánea para ser utilizada como sea conveniente.
- Una vez culminado el sistema de análisis estadístico y recolectados los datos meteorológicos de aproximadamente dos años de cinco diferentes fuentes podemos observar que los cambios climáticos que se generan en la central Yanarumi no son muy extremos y por tal motivo es poco favorable la recolección de agua en las piscinas instaladas en ese sector.
- Desde el análisis e interpretación estadística de los datos se puede concluir que:
  - La Temperatura en el Ecosistema Paramo tiene una media estimada en torno a 9 °C lo que indica que el clima de este Ecos Sistema Páramo es frío.
  - La Humedad Relativa en el Ecosistema Páramo tiene una media estimada en torno al 82 % lo que indica que la humedad en este Ecos Sistema Páramo es muy alta. Por esta razón el ecosistema está bien conservado y la comunidad debe evitar avanzar con la frontera agrícola y el pastoreo en las partes altas.
  - La Presión Atmosférica en el Ecosistema Páramo tiene una media estimada en torno a 637 HPa lo que indica que las pequeñas variaciones de la presión, aunque la estación meteorológica esta fija, dependerá de algunas variables climatológicas adicionales.
  - El Caudal en el Ecosistema Paramo tiene una media estimada en torno a 0.22 l/min lo que indica que la piscina no funciona como almacenamiento de agua

dulce. Se requiere urgentemente una impermeabilización de la piscina para evitar que el agua almacenada no se filtre por la parte inferior de la misma.

- De acuerdo con los estudios de Correlación de Variables (Correlación bi-variada)) se concluye que debido a la condición de NO Normalización de los datos de la muestra de las variables climáticas almacenadas en la estación meteorológica, se debe optar por un estudio NO Paramétrico. Así se obtiene una fuerte relación entre la Temperatura y la Humedad Relativa, la Humedad Relativa y la Presión Atmosférica. Para esto se calculó se hizo un análisis de correlación de Spearman.
- En esta tesis se diseñaron e implementaron un sismógrafo, un pluviómetro y un anemómetro para que funcionen adicionalmente en a la estación meteorológica de Yanarumi. Estos instrumentos de medición están en fase de prueba y por esta razón sus datos no se incluyen dentro del análisis estadístico de esta investigación. Sin embargo, los primeros datos recogidos están en plena concordancia con las conclusiones obtenidas. Es sismógrafo por ejemplo muestra pequeños movimientos telúricos locales, lo que explicaría las fisuras y micro fisuras en la parte inferior de la piscina por donde se filtra el agua dulce recolectada.

## **RECOMENDACIONES**

- Es recomendable que los sensores se instalen de forma correctora para evitar tener fallas al momento de almacenar la información con lo cual se pueden generar errores o mala información climatológica por tal motivo se producirá errores de estudio.
- Se recomienda continuar con el desarrollo de este proyecto aplicándolo en diferentes escenarios, como por ejemplo implementándolo en un invernadero para recolectar y analizar datos climatológicos con el fin de conocer si las condiciones climatológicas son las adecuadas para el cultivo de flora silvestre.
- Se recomienda cambiar de batería en la estación meteorológica para el continuo envío y análisis de los datos climatológicos. La señal de internet en la estación es ahora más estable, sin embargo, sin energía eléctrica el estudio no continuará.

- Se recomienda también actualizar y revisar constantemente la base de datos almacenada en la sede de EcoSur para garantizar así una buena conservación del Recurso y Ecosistema Páramo en la zona alta de Valparaíso.
- Es recomendable la creación de modelos estadísticos futuros entre las variables que tienen una fuerte correlación. Esto permitirá sin duda predecir a futuro un comportamiento aproximado del clima en la parte alta de la parroquia de Valparaíso.
- Es urgente impermeabilizar la piscina de almacenamiento de agua dulce de San Carlos-Yanarumi o en su defecto construir una nueva piscina impermeabilizada en una zona cercana tal vez a una menor altitud geográfica. Sin esta recomendación el agua dulce no está siendo almacenada y la comunidad, en la parte baja, poco o nada de agua puede disponer para sus cultivos desencadenando en un no mejoramiento de la calidad de vida de las personas que habitan allí, por cuanto el cultivo local de uvilla y frutilla necesita de este recurso.
- Finalmente, por supuesto, se recomienda poner el funcionamiento el Sismógrafo, en Pluviómetro y el Anemómetro diseñados e implementados en parte dentro de esta tesis. Esto permitirá recolectar y enviar nuevos datos a la sede de EcoSur y corroborar todas las conclusiones establecidas en este trabajo de investigación experimental.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Albentosa, L. (1976). Climatología dinámica, sinóptica o sintética. Origen y desarrollo. *Revista de Geografía Depto. de Geografía Univ. Barcelona X, 1(2)*, 140-157. Recuperado el 07 de Abril de 2021
- An Avnet Company. (14 de Junio de 2018). *SHT25*. Recuperado el 16 de Abril de 2021, de Newark An Avne: <https://mexico.newark.com/sensirion/sht25/humidity-sensor-8s-dfn/dp/20T1173>
- AprenderBigData. (02 de Enero de 2021). *AprenderBigData.com*. Recuperado el 13 de Abril de 2021, de ¿Qué es Hadoop MapReduce? Introducción: <https://aprenderbigdata.com/hadoop-mapreduce/>
- Arduino. (05 de Febrero de 2018). *Arduino*. Recuperado el 18 de Abril de 2021, de Arduino: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Arduino. (2021). *Arduino*. Recuperado el 19 de Abril de 2021, de Arduino: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShieldV1>
- Arduino. (2021). *Arduino*. Recuperado el 19 de Abril de 2021, de Arduino: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShieldV1>
- Arduino. (2021). *Proyectos con Arduino*. Recuperado el 19 de Abril de 2021, de Proyectos con Arduino: <https://proyectosconarduino.com/sensores/sensor-de-lluvia/>
- Atmel. (10 de Enero de 2015). *ATmega328P*. Obtenido de Microchip.com: [https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P\\_Datasheet.pdf](https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf)
- Bennetch, I., Bansod, D., Ungureanu, D., Meneghini, M., & Desportes, W. (2020). *phpMyAdmin*. Recuperado el 19 de Abril de 2021, de phpMyAdmin: <https://www.phpmyadmin.net/>
- Brandley, A., & James, E. (2019). Web Scraping Using R. *Advances in Methods and Practices in Psychological Science, 2(3)*, 264-270. doi:10.1177/2515245919859535
- Bukhari, A., & Sulaiman, M. (Febrero de 2020). Neuro-fuzzy modeling and prediction of summer precipitation with application to different meteorological stations. *Alexandria Engineering Journal, 59*, 101-116. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.12.011>
- Centro de Astrobiología . (2021). *Rover Environmental Monitoring Station*. Recuperado el 19 de Abril de 2021, de Rover Environmental Monitoring Station: <http://cab.inta-csic.es/remes/es/descripcion-del-instrumento/sensor-de-viento/>
- DILUS. (13 de Abril de 2018). *DILUS INSTRUMENTACION Y SISTEMAS*. Recuperado el 19 de Abril de 2021, de DILUS INSTRUMENTACION Y SISTEMAS: <https://dilus.es/es/blog/que-es-un-anemometro-o-sensor-de-viento-y-para-que-se-utiliza/>
- Donn, W. (1978). *Meteorología*. Madrid: Reverte. Recuperado el 13 de Abril de 2021
- Elizondo, F. (2011). Utilización de estaciones meteorológicas automáticas como nueva alternativa para el registro y transmisión de datos. *Posgrado y Sociedad Revista Electrónica del Sistema de Estudios de Posgrado, 11(1)*, 33-49. Recuperado el 30 de Marzo de 2021

- Fahmy, S. (2012). Evaluating the quality of software in e-book using the ISO 9126 model. *International Journal of Control and Automation*, 5(2), 115-122. Recuperado el 12 de Abril de 2021
- Fernandez, O. (1 de Mayo de 2019). *Codigo Electronica*. Recuperado el 19 de Abril de 2021, de Codigo Electronica: <http://codigoelectronica.com/blog/modulo-hx711>
- Guimerans, P. (5 de Mayo de 2018). *PrototipadoLAB*. Recuperado el 15 de Abril de 2021, de Que es un sensor? Tipos y diferencias: <http://paolaguimerans.com/openeart/2018/05/05/que-son-los-sensores/>
- Hardeep, S., & al, e. (2016). Arduino based automatic wireless weather station with remote graphical application and alerts. *3rd International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN)* (págs. 605-609). Noida: IEEE. doi:doi: 10.1109/SPIN.2016.7566768
- Ibérica, P. (2019). *PCE Ibérica S.L*. Recuperado el 19 de Abril de 2021, de PCE Ibérica S.L.: <https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/sistemas/sensores-caudal.htm>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (24 de Abril de 2018). *Red Nacional de Observación HM*. Recuperado el 14 de Abril de 2021, de [serviciometeorologico.gob.ec](http://serviciometeorologico.gob.ec): <https://www.serviciometeorologico.gob.ec/red-nacional-de-observacion-hm/>
- International Strategy for Disaster Reduction. (02 de Febrero de 2018). *DOCUMENTO DE APOYO MEDIO AMBIENTE*. Recuperado el 07 de Abril de 2021, de International Recovery Plataform: <https://eird.org/pr14/cd/documentos/espanol/Publicacionesrelevantes/Recuperacion/5-Med-Ambiente.pdf>
- King, L., & McLeod, I. (10 de Junio de 2015). Improved Weather Generator Algorithm for Multisite Simulation of Precipitation and Temperature†. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 51(5), 1305-1320. doi: <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12307>
- Llamas, L. (18 de Octubre de 2016). *RELOJ Y CALENDARIO EN ARDUINO CON LOS RTC DS1307 Y DS3231*. Recuperado el 16 de Abril de 2021, de LuisLlamas.es: <https://www.luisllamas.es/reloj-y- calendario-en-arduino-con-los-rtc-ds1307-y-ds3231/>
- Maillo, J., & Herrera, F. (2003). Un enfoque MapReduce del algoritmo k-vecinos más cercanos para Big Data. *ACM*, 971-980. Recuperado el 13 de Abril de 2021
- Mario, T. (2013). Introducción: Big data. Pasado, presente y futuro. *Telos: Cuadernos de comunicación e innovación*(95), 47-50. Recuperado el 14 de Abril de 2021
- Mayer-Schönberger, V., & Cukier, K. (2013). *Big data: la revolución de los datos masivos*. Madrid: Turner Publicaciones S.L. Recuperado el 14 de Abril de 2021
- Mendoza, C., & Rojas, O. (2016). Cambio climático, balance hídrico y eficiencia energética en algunas estaciones climáticas en Colombia. *Revista ESPACIOS*, 37(7), 7. Recuperado el 30 de Marzo de 2021
- Microsoft. (21 de Diciembre de 2020). *Visual Studio Code*. Recuperado el 14 de Abril de 2021, de Code Visual Studio: <https://code.visualstudio.com>
- Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. (16 de Febrero de 2014). *Gob.ec*. Recuperado el 14 de Abril de 2021, de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAHMI): <https://www.gob.ec/inamhi>

- Murray, S. (1991). *Estadística*. Mexico: McGraw-Hill. Recuperado el 14 de Abril de 2021
- Navarra.es. (2 de Junio de 2015). *Elementos y factores del clima. Tipos de climas*. Recuperado el 12 de Abril de 2021, de Navarra: <http://meteo.navarra.es/definiciones/elementosFactores.cfm#:~:text=Los%20factores%20del%20clima%20son,los%20distintos%20tipos%20de%20climas>.
- Naylamp Mechatronics SAC. (24 de Agosto de 2018). *Naylamp Mechatronics SAC*. Recuperado el 15 de Abril de 2020, de SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DHT21: <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/354-sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa-dht21-am2301.html>
- Naylamp Mechatronics SAC. (12 de Enero de 2019). *Naylamp Mechatronics SAC*. Recuperado el 15 de Abril de 2021, de SENSOR DE PRESIÓN BMP180: <https://naylampmechatronics.com/sensores-posicion-inerciales-gps/75-sensor-de-presion-bmp180.html>
- Naylamp Mechatronics SAC. (15 de Marzo de 2020). *Naylamp Mechatronics SAC*. Recuperado el 15 de Abril de 2021, de SENSOR DE FLUJO DE AGUA 1/2" YF-S201: <https://naylampmechatronics.com/sensores-liquido/108-sensor-de-flujo-de-agua-12-yf-s201.html>
- Núñez, Y., & García, J. (2016). Algoritmo para corregir anomalías a nivel de instancia en grandes volúmenes de datos utilizando MapReduce. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 10(3), 105-118. Recuperado el 13 de Abril de 2021
- Ohms, 3. (22 de 05 de 2021). *330 Ohms*. Obtenido de <https://www.330ohms.com/products/hobby-motor-gear>
- Ortiz, G. (2019). PREDICCIÓN DE LA CALIDAD DEL SOFTWARE DESARROLLADO EN IBM RPG USANDO LOS ALGORITMOS MACHINE LEARNING RF , RPART , GBM Y LDA. *ResearchGate*, 2-27. doi:10.13140/RG.2.2.31650.89284
- Pardo, A., & Castellanos, L. (Mayo de 2017). AUTOMATIZACIÓN DE AMBIENTES EN INVERNADEROS SIMULANDO ESCENARIOS FUTUROS. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA)*, 1(29), 133-137. doi:10.24054/16927257.v29.n29.2017.2497
- Pineda, J. (15 de Agosto de 2016). *T.S.U En Evaluación Ambiental*. Recuperado el 07 de Abril de 2021, de En Colombia: <https://encolombia.com/medio-ambiente/interes-a/ecosistema-natural/>
- Powerdata.es. (14 de Junio de 2018). *Big Data: ¿En qué consiste? Su importancia, desafíos y gobernabilidad*. Recuperado el 14 de Abril de 2021, de PowerData.es: <https://www.powerdata.es/big-data#:~:text=Cuando%20hablamos%20de%20Big%20Data,convencionales%2C%20tales%20como%20bases%20de>
- Roldan, P. (31 de Julio de 2017). *Economipedia*. Recuperado el 14 de Abril de 2021, de Estadística: <https://economipedia.com/definiciones/estadistica.html>
- RSS. (18 de Agosto de 2019). *Medio ambiente: qué es, definición, características, cuidado y carteles*. Recuperado el 07 de Abril de 2021, de Responsabilidad Social Empresarial y Sustentabilidad: <https://www.responsabilidadsocial.net/medio-ambiente-que-es-definicion-caracteristicas-cuidado-y->



## ANEXOS

**Anexo 1.** Parte de la programación de envío de datos temperatura, humedad relativa y presión atmosférica en Arduino.

```
// Configuración del Ethernet Shield
byte mac[] = {0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFF, 0xEE}; // Dirección MAC
byte ip[] = { 192,168,1,116 }; // Dirección IP del Arduino
byte servidor[] = { 186,4,173,18 }; // Dirección IP del servidor
EthernetClient client;
EthernetServer server(80); //<---Servidor del portico para shield Ethernet

.
.
.
.
.
.
.

// Envío de datos
Serial.println("Connecting...");
if (client.connect(servidor, 8095)>0) { // Conexión con el servidor
  client.print("GET /
envio_sensores_temperatura_humedad_presion.php?temperatura="); // Enviamos los
datos por GET
  client.print(Tbmp180);
  client.print("&humedad_relativa="); // Enviamos los datos por GET
  client.print(Hdht21);
  client.print("&presion_admosferica="); // Enviamos los datos por GET
  client.print(Pbmp180);
  client.println(" HTTP/1.0");
  client.println("User-Agent: Arduino 1.0");
  client.println();
  Serial.println("Conectado");
} else {
  Serial.println("Fallo en la conexión");
}
if (!client.connected()) {
  Serial.println("Disconnected!");
}
client.stop();
client.flush();
delay(1800000);
```

**Anexo 2.** Parte de la Programación de envío de datos pluviómetro en Arduino.

```
byte mac[] = {0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFF, 0xEE}; // Direccion MAC
byte ip[] = { 192,168,1,116 }; // Direccion IP del Arduino
byte server[] = { 192,168,1,51 }; // Direccion IP del servidor
EthernetClient client;
.
.
.
.
.
.
.

Serial.println("Connecting...");
if (client.connect(server, 8095)>0) { // Conexion con el servidor
  client.print("GET /envio_pluviometro.php?precipitacion="); // Enviamos los datos
por GET
  client.print(balanza.get_units(20));
  client.println(" HTTP/1.0");
  client.println("User-Agent: Arduino 1.0");
  client.println();
  Serial.println("Conectado");
} else {
  Serial.println("Fallo en la conexion");
}
if (!client.connected()) {
  Serial.println("Disconnected!");
}
client.stop();
client.flush();
delay(1800000);
```

### Anexo 3. Parte de la programación de envío de datos sismógrafo en Arduino

```
byte mac[] = {0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFF, 0xEE}; // Direccion MAC
byte ip[] = { 192,168,1,116 }; // Direccion IP del Arduino
byte server[] = { 192,168,1,51 }; // Direccion IP del servidor
EthernetClient client;

.
.
.
.
.
.

Serial.println("Connecting...");
if (client.connect(server, 8095)>0) { // Conexion con el servidor
  client.print("GET /repcion_sismografo.php?movimiento_telurico="); //
Enviamos los datos por GET
  client.print(er);
  client.println(" HTTP/1.0");
  client.println("User-Agent: Arduino 1.0");
  client.println();
  Serial.println("Conectado");
} else {
  Serial.println("Fallo en la conexion");
}
if (!client.connected()) {
  Serial.println("Disconnected!");
}
client.stop();
client.flush();

delay(1800000);
```

**Anexo 4.** Parte de la programación de envío de datos velocidad viento en Arduino.

```
byte mac[] = {0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFF, 0xEE}; // Direccion MAC
byte ip[] = { 192,168,1,116 }; // Direccion IP del Arduino
byte server[] = { 192,168,1,51 }; // Direccion IP del servidor
EthernetClient client;

.
.
.
.
.
.
.
.

Serial.println("Connecting...");
if (client.connect(server, 80)>0) { // Conexion con el servidor
    client.print("GET /envio_velocidad_viento.php?velocidad_viento="); //
Enviamos los datos por GET
    client.print(veloc1);
    client.println(" HTTP/1.0");
    client.println("User-Agent: Arduino 1.0");
    client.println();
    Serial.println("Conectado");
} else {
    Serial.println("Fallo en la conexion");
}
if (!client.connected()) {
    Serial.println("Disconnected!");
}
client.stop();
client.flush();
delay(1800000); // demora de 30 min
```

**Anexo 5.** Programación de recepción de datos temperatura, humedad relativa y presión atmosférica en phpMySql en Raspberry Pi.

```
<?php
// Credenciales
$dbhost = "localhost";
$dbuser = "admin";
$dbpass = "estacion";
$dbname = "sensores";
// Conexión con la base de datos
$con = mysqli_connect($dbhost, $dbuser, $dbpass, $dbname);
    echo "Conexion.";
// Check connection
if ($con->connect_error) {
    die("Connection failed: " . $con->connect_error);
}
// Leemos los valores que nos llegan por GET
$temperatura = mysqli_real_escape_string($con,$_GET['temperatura']);
$humedad_relativa =mysqli_real_escape_string($con,$_GET['humedad_relativa']);
$presion_admosferica
=mysqli_real_escape_string($con,$_GET['presion_admosferica']);

// Esta es la instrucción para insertar los valores
$query = "INSERT INTO `variable` (temperatura, humedad, presion_admosferica)
VALUES('".$temperatura."','".$humedad."','".$presion_admosferica."")";

// Ejecutamos la instrucción
mysqli_query($con, $query);
mysqli_close($con);

?>
```

## Anexo 6. Programación de recepción de datos pluviómetro en phpMySql en Raspberry Pi

```
<?php
// config.php
// Credenciales
$dbhost = "localhost";
$dbuser = "admin";
$dbpass = "estacion";
$dbname = "sensores";
// Conexión con la base de datos
$con = mysqli_connect($dbhost, $dbuser, $dbpass, $dbname);
echo "Conexion.";
// Check connection
if ($con->connect_error) {
    die("Connection failed: " . $con->connect_error);
}
// Leemos los valores que nos llegan por GET
$precipitacion = mysqli_real_escape_string($con,$_GET['precipitacion']);

// Esta es la instrucción para insertar los valores
$query = "INSERT INTO `variable`(precipitacion)
VALUES('".$precipitacion."')";

// Ejecutamos la instrucción
mysqli_query($con, $query);
mysqli_close($con);

?>
```

## Anexo 7. Programación de recepción de datos sismógrafo en phpMySql en Raspberry Pi.

```
<?php
// config.php
// Credenciales
$dbhost = "localhost";
$dbuser = "admin";
$dbpass = "estacion";
$dbname = "sensores";
// Conexión con la base de datos
$con = mysqli_connect($dbhost, $dbuser, $dbpass, $dbname);
echo "Conexion.";
// Check connection
if ($con->connect_error) {
    die("Connection failed: " . $con->connect_error);
}
// Leemos los valores que nos llegan por GET
$movimiento_telurico =
mysqli_real_escape_string($con,$_GET['movimiento_telurico']);

// Esta es la instrucción para insertar los valores
$query = "INSERT INTO `variable` (movimiento_telurico)
VALUES('".$movimiento_telurico."')";

// Ejecutamos la instrucción
mysqli_query($con, $query);
mysqli_close($con);

?>
```

**Anexo 8.** Programación de recepción de datos velocidad del viento en phpMySql en Raspberry Pi.

```
<?php
    // Credenciales
    $dbhost = "localhost";
    $dbuser = "admin";
    $dbpass = "estacion";
    $dbname = "sensores";
    // Conexión con la base de datos
    $con = mysqli_connect($dbhost, $dbuser, $dbpass, $dbname);
    echo "Conexion.";
    // Check connection
    if ($con->connect_error) {
        die("Connection failed: " . $con->connect_error);
    }
    // Leemos los valores que nos llegan por GET
    $velocidad_viento = mysqli_real_escape_string($con,$_GET['velocidad_viento']);

    // Esta es la instrucción para insertar los valores
    $query = "INSERT INTO `variable`(velocidad_viento)
    VALUES('".$velocidad_viento."");

    // Ejecutamos la instrucción
    mysqli_query($con, $query);
    mysqli_close($con);

?>
```

## Anexo 9. Programación de muestra de datos recolectados en phpMySql en Raspberry Pi.

```
<!DOCTYPE html>
<html><body>
<?php

$dbhost = "localhost";
$dbuser = "administrador";
$dbpass = "estacion";
$dbname = "sensores";

// Create connection
$con = mysqli_connect($dbhost, $dbuser, $dbpass, $dbname);
// Check connection
if ($con->connect_error) {
    die("Connection failed: " . $con->connect_error);
}

$sql = "SELECT `id`, `timestamp`, `temperatura`, `humedad_relativa`, `presion_admosferica`, `caudal`, `movimiento_telurico`,
`precipitacion`, `velocidad_viento` FROM `variable` ORDER BY id DESC";

echo '<table cellspacing="7" cellpadding="7">
<tr>
<td>ID</td>
<td>Tiempo</td>
<td>Temperatura</td>
<td>Humedad Relativa</td>
<td>Presion Admosferica</td>
<td>Caudal</td>
<td>Movimiento Telurico</td>
<td>Precipitacion</td>
<td>Velocidad Viento</td>
</tr>';

if ($result = $con->query($sql)) {
    while ($row = $result->fetch_assoc()) {
        $row_id = $row["id"];
        $row_timestamp = $row["timestamp"];
        $row_temperatura = $row["temperatura"];
        $row_humedad_relativa = $row["humedad_relativa"];
        $row_presion_admosferica = $row["presion_admosferica"];
        $row_caudal = $row["caudal"];
        $row_movimiento_telurico = $row["movimiento_telurico"];
        $row_precipitacion = $row["precipitacion"];
        $row_velocidad_viento = $row["velocidad_viento"];
        // Uncomment to set timezone to - 1 hour (you can change 1 to any number)
        // $row_reading_time = date("Y-m-d H:i:s", strtotime("$row_reading_time - 1 hours"));

        // Uncomment to set timezone to + 4 hours (you can change 4 to any number)
        // $row_reading_time = date("Y-m-d H:i:s", strtotime("$row_reading_time + 4 hours"));

        echo '<tr>
<td>' . $row_id . '</td>
<td>' . $row_timestamp . '</td>
<td>' . $row_temperatura . '</td>
<td>' . $row_humedad_relativa . '</td>
<td>' . $row_presion_admosferica . '</td>
<td>' . $row_caudal . '</td>
<td>' . $row_movimiento_telurico . '</td>
<td>' . $row_precipitacion . '</td>
<td>' . $row_velocidad_viento . '</td>
</tr>';
    }
    $result->free();
}

?>
</body>
</html>
```

## Anexo 10. Datos de Muestra para cada una de las variables

ID	Timestamp	Temperatura	Humedad_relativa	Presion_Atmosferica	Caudal	Velocidad_viento
1	9-1-2020 0:30:00	5.93	99.90	638.44	0.00	0.00
2	9-1-2020 1:30:00	5.05	99.90	637.95	0.00	0.00
3	9-1-2020 2:30:00	4.79	99.90	637.26	0.00	0.00
4	9-1-2020 3:30:00	5.10	99.90	636.66	0.00	0.00
5	9-1-2020 4:30:00	4.89	99.90	636.65	0.00	0.00
6	9-1-2020 5:30:00	4.03	99.90	636.75	0.00	0.00
7	9-1-2020 6:30:00	3.64	99.90	637.39	0.00	0.00
8	9-1-2020 7:30:00	4.48	99.90	638.12	0.00	0.00
9	9-1-2020 8:30:00	7.60	99.90	638.61	0.00	0.00
10	9-1-2020 9:30:00	12.95	99.90	638.92	0.00	0.00
11	9-1-2020 10:30:00	12.85	99.90	638.90	0.00	0.00
12	9-1-2020 11:30:00	16.87	95.90	638.74	0.00	0.00
13	9-1-2020 12:30:00	18.79	5.00	638.11	0.00	0.00
14	9-1-2020 13:30:00	16.12	76.50	637.61	0.00	0.00
15	9-1-2020 14:30:00	15.30	86.00	637.22	0.00	0.00
16	9-1-2020 15:30:00	10.42	99.90	637.02	0.00	0.00
17	9-1-2020 16:30:00	12.94	81.00	636.99	0.00	0.00
18	9-1-2020 17:30:00	11.39	99.90	637.12	0.00	0.00
19	9-1-2020 18:30:00	7.68	99.90	637.07	0.00	0.00
20	9-1-2020 19:30:00	2.93	99.90	636.55	0.00	0.00
21	9-1-2020 20:30:00	2.03	99.90	637.48	0.00	0.00
22	9-1-2020 21:30:00	2.05	99.90	638.00	0.00	0.00
23	9-1-2020 22:30:00	2.79	99.90	638.23	0.00	0.00
24	9-1-2020 23:30:00	2.83	99.90	638.11	0.00	0.00
25	9-2-2020 0:30:00	2.54	99.90	637.77	0.00	0.00
26	9-2-2020 1:30:00	2.64	99.90	637.27	0.00	0.00
27	9-2-2020 2:30:00	3.56	99.90	636.70	0.00	0.00
28	9-2-2020 3:30:00	3.89	99.90	636.16	0.00	0.00
29	9-2-2020 4:30:00	4.11	99.90	636.66	0.00	0.00
30	9-2-2020 5:30:00	4.09	99.90	636.68	0.00	0.00
31	9-2-2020 6:30:00	4.15	99.90	636.84	0.00	0.00
32	9-2-2020 7:30:00	4.80	99.90	637.32	0.00	0.00
33	9-2-2020 8:30:00	7.64	99.90	637.41	0.00	0.00
34	9-2-2020 9:30:00	11.06	71.20	637.65	0.00	0.00
35	9-2-2020 10:30:00	13.44	5.00	637.87	0.00	0.00
36	9-2-2020 11:30:00	15.97	5.00	637.77	0.00	0.00
37	9-2-2020 12:30:00	20.20	5.00	637.17	0.00	0.00

**Anexo 11.** Datos de un día al azar, 20-11-2020, tomado de la Población de Datos para cada una de las Variables

ID	Timestamp	Temperatura	Humedad_relativa	Presion_Atmosferica	Caudal	Velocidad_viento
1	11-20-2020 0:30:00	4.71	99.90	637.06	0.00	0.00
2	11-20-2020 1:30:00	4.75	99.90	636.17	0.00	0.00
3	11-20-2020 2:30:00	4.00	99.90	635.80	0.00	0.00
4	11-20-2020 3:30:00	2.52	99.90	635.70	0.00	0.00
5	11-20-2020 4:30:00	2.94	99.90	635.80	0.00	0.00
6	11-20-2020 5:30:00	3.13	99.90	636.38	0.00	0.00
7	11-20-2020 6:30:00	4.07	99.90	636.80	0.00	0.00
8	11-20-2020 7:30:00	6.83	99.90	637.41	0.00	0.00
9	11-20-2020 8:30:00	10.52	99.90	637.87	0.00	0.00
10	11-20-2020 9:30:00	14.25	99.90	637.91	0.00	0.00
11	11-20-2020 10:30:00	16.99	99.90	637.81	0.00	0.00
12	11-20-2020 11:30:00	19.71	99.90	637.28	0.00	0.00
13	11-20-2020 12:30:00	15.42	99.90	636.92	0.00	0.00
14	11-20-2020 13:30:00	10.30	99.90	636.54	0.80	0.00
15	11-20-2020 14:30:00	10.10	99.90	635.99	1.60	0.00
16	11-20-2020 15:30:00	11.58	99.90	635.59	5.60	0.00
17	11-20-2020 16:30:00	10.46	99.90	635.81	0.00	0.00
18	11-20-2020 17:30:00	7.92	99.90	636.05	0.00	0.00
19	11-20-2020 18:30:00	6.63	99.90	636.24	0.00	0.00
20	11-20-2020 19:30:00	5.85	99.90	636.74	0.00	0.00
21	11-20-2020 20:30:00	5.77	99.90	637.40	0.00	0.00
22	11-20-2020 21:30:00	6.10	99.90	637.71	0.00	0.00
23	11-20-2020 22:30:00	6.06	99.90	637.80	0.00	0.00
24	11-20-2020 23:30:00	6.02	99.90	637.52	0.00	0.00

**Anexo 12.** Datos Promedios Diarios tomados de la Muestra de Datos para cada una de las Variables

ID	Timestamp	Temperatura	Humedad_relativa	Presion_Atmosferica	Caudal
1	01-09-20	8.06	93.44	637.66	0.00
2	02-09-20	9.01	70.03	636.79	0.00
3	03-09-20	9.77	6.64	636.39	0.00
4	04-09-20	9.63	67.67	636.80	0.00
5	05-09-20	5.84	99.50	637.40	0.00
6	06-09-20	6.57	85.83	637.04	0.00
7	07-09-20	9.17	67.04	636.13	0.00
8	08-09-20	8.70	80.13	636.30	0.00
9	09-09-20	7.94	72.22	637.62	0.00
10	10-09-20	6.44	89.91	637.90	0.00
11	11-09-20	9.25	78.22	637.34	0.00
12	12-09-20	9.56	67.16	636.70	0.00
13	13-09-20	7.26	83.04	637.10	0.00
14	14-09-20	5.78	99.90	637.99	0.00
15	15-09-20	5.31	95.14	638.21	0.00
16	16-09-20	10.45	67.43	637.68	0.00
17	17-09-20	8.63	78.38	637.11	0.00
18	18-09-20	9.95	70.58	637.17	0.00
19	19-09-20	8.08	77.70	637.19	0.00
20	20-09-20	10.22	68.04	637.28	0.00
21	21-09-20	10.36	64.00	637.33	0.00
22	22-09-20	9.93	63.96	637.30	0.00
23	23-09-20	7.42	96.79	637.56	0.00
24	24-09-20	6.79	90.73	637.91	0.00
25	25-09-20	7.98	82.82	637.64	0.00
26	26-09-20	8.22	60.36	637.57	0.00
27	27-09-20	9.08	66.70	636.39	0.00
28	28-09-20	8.27	68.27	635.68	0.00
29	29-09-20	9.26	78.22	636.28	0.00
30	30-09-20	9.87	82.78	636.98	0.00
31	01-10-20	5.57	88.04	636.42	0.00
32	02-10-20	9.10	64.31	636.01	0.00
33	03-10-20	7.95	87.05	636.05	0.00
34	04-10-20	7.54	91.99	637.10	0.00
35	05-10-20	8.32	80.13	637.66	0.00
36	06-10-20	9.22	74.23	637.07	0.00
37	07-10-20	9.03	79.54	637.61	0.00

## Anexo 13. Construcción de Anemómetro

### CONSTRUCCIÓN DE ANEMÓMETRO

**Anemómetro:** El anemómetro es un instrumento meteorológico que es utilizado para medir la velocidad del viento.

#### Diseño del anemómetro

El anemómetro que se utilizó en este proyecto de investigación es un anemómetro casero, en el cual se utilizaron componentes básicos para su construcción como un motor, hélices para medir la velocidad.

#### Motor de DC - 1.5 a 5v

Motor de corriente continua, trabaja con un voltaje nominal 3.0 V con rango de operación de 1.5 a 5 V. La rotación que realiza el motor es a la izquierda.

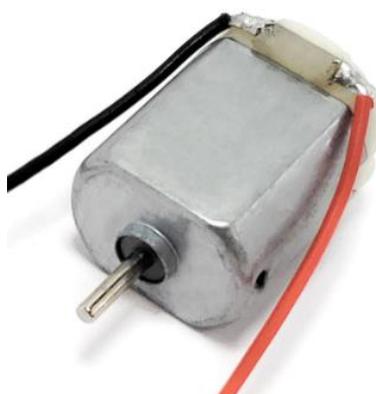


Figura 113. Motor de DC - 1.5 a 5v

Fuente: (Ohms, 2021)

#### Características

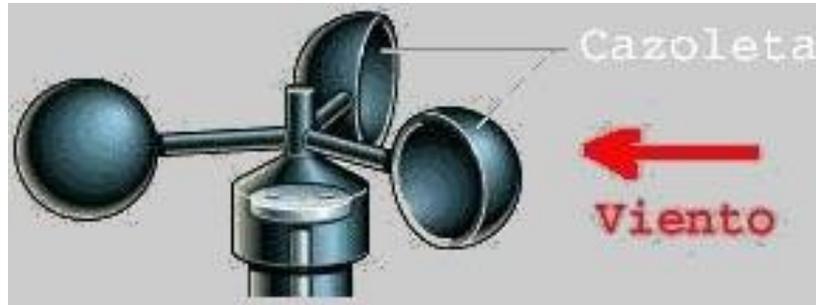
Tabla 16. Especificaciones Módulo Relay

Especificaciones Técnicas	
Dimensiones:	L: 25 (exc. Eje) W: 20.1 H: 15.1mm. Longitud del eje 8.1x 2.0 dia. Peso 19g aprox.
Voltaje nominal	3.0V
Rango de operación	1.5-5V
Velocidad sin carga	16000 RPM
Consumo sin carga	0.4A
Velocidad de máxima eficiencia	12400 RPM

Fuente: Autores

## Hélices

El diseño que se utilizó para el anemómetro es de hélices cazoleta ya que son las más utilizadas por su simplicidad y exactitud para poder medir con relativa facilidad la velocidad del viento.



**Figura 114.** Hélice Cazoleta

**Fuente:** (Sabelo Todo, 2021)

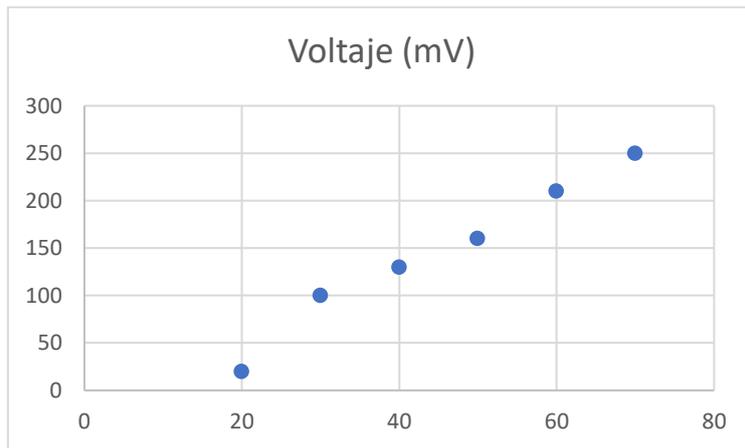
## Calibración del anemómetro.

Una vez que se tiene construido el anemómetro necesita de una calibración, para así poder medir de una manera más precisa la velocidad del viento. Esta calibración se realiza mediante la recolección de diferentes datos que se toman con la ayuda de un automóvil el cual se mueve a diferentes velocidades, en ese momento con la ayuda de un multímetro se tomara los diferentes voltajes que nos arroje el anemómetro.

**Tabla 17.** Diferentes Voltajes que arroja el Anemómetro

Velocidad (km/h)	Voltaje (mV)
20	20
30	100
40	130
50	160
60	210
70	250

**Fuente:** Autores



**Figura 115.** Diferentes Voltajes que arroja el Anemómetro  
**Fuente:** Autores

Con los valores obtenidos se procedió a sacar el valor de la pendiente ya que este valor es necesario para que el anemómetro funcione de la manera más precisa. El valor que se obtuvo de la pendiente es de 285, por lo cual en la programación se colocara un valor de “0.285”.

## Anexo 14. Carta de aprobación EcoSur



ecosur  
network  
www.ecosur.org

la red para el hábitat  
económico y ecológico

Riobamba, 27 de Enero de 2020.

A la Escuela de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Nacional de Chimborazo.

De mi mayor consideración:

Por este medio me permito dar a conocer nuestro apoyo total y su respectivo financiamiento, basado en el convenio que nuestra institución mantiene con la UNACH, para el desarrollo del trabajo de investigación titulado "**Desarrollo del sistema web de análisis de información climatológica para la central meteorológica Yanarumi utilizando el software estadístico R**" que los señores estudiantes **Diana Elizabeth Villacrés Bonilla** y **Emerson Jhaldyr Males Flores** desarrollarán como requisito para su graduación como Ingenieros en Sistemas.

Con el firme compromiso de desarrollar estas actividades de investigación en cooperación mutua, en el marco ético y de acuerdo a lo establecido en el convenio entre nuestras instituciones, informo que dicha investigación comenzó el mes de **julio del 2019** y es parte de los proyectos que nuestra Institución desarrolla en cooperación con entidades nacionales e internacionales y tendrá una duración de acuerdo a la planificación y cronograma dentro de los plazos que este trabajo de tesis lo requiera. La señorita Villacrés y el señor Males quedan comprometidos a cumplir con los objetivos planteados en su trabajo y los resultados obtenidos serán debidamente socializados en todas las instituciones que forman parte de este proyecto de investigación.

Somos conscientes de que la colaboración entre instituciones es vital para el avance científico y tecnológico, por lo que reitero el total compromiso de la organización de colaborar en el desarrollo sostenible de nuestro país.

Atentamente,

Lic. Diego Coloma Machado  
Director Ejecutivo  
Fundación EcoSur Ecuador

FUNDACION ECOSUR ECUADOR  
RUC: 0691719766001

cc: archivo

Fundación EcoSur Ecuador  
Calle Baltazar y Argentinos, Riobamba, Ecuador +593.9.92585847

1 de 1



## Anexo 15. Carta de aval de la fundación EcoSur.



Riobamba, a 18 de mayo de 2021

Señores

ESCUELA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

Presente.-

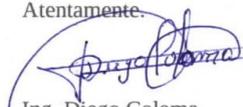
De mi consideración

La Fundación EcoSur Ecuador extiende sus más sinceros saludos y desea éxitos en sus funciones que muy acertadamente realizan en la búsqueda de la excelencia académica. Con la finalidad de validar el proyecto de investigación de tesis "DESARROLLO DEL SISTEMA WEB DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA PARA LA CENTRAL METEOROLÓGICA YANARUMI UTILIZANDO EL SOFTWARE ESTADÍSTICO R" desarrollado por los estudiantes Diana Elizabeth Villacrés Bonilla y Emerson Jhaldyr Males Flores, se procedió a constatar el diseño, el desarrollo y la implementación de este sistema de envío, recepción y procesamiento básico de los datos generados por la Estación Meteorológica, en las instalaciones de nuestra sede en la ciudad de Riobamba, con la ahora tecnología y metodología propiedad de EcoSur-Ecuador. Entonces, cumplimos con informar que esta investigación cumple con todos los objetivos y requerimientos planteados por nosotros lo cual conllevará a un análisis de estos datos y una posterior toma de decisiones con respecto a las piscinas ancestrales de Yanarumi, para el mejoramiento y aprovechamiento de la siembra y cosecha de agua (en la parte alta de la comunidad) para su posterior distribución y aprovechamiento (en la parte baja de la comunidad). Esto finalmente mejorará la calidad de vida de las personas más vulnerables de la parroquia de Valparaíso-Cantón Guano.

Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.

Por la atención que se sirvan dar a la presente, anticipo mis agradecimientos.

Atentamente.

  
Ing. Diego Coloma  
Director Ejecutivo  
C.I. 0602579633



**Fundación EcoSur Ecuador**

Calle Brasil entre Esmeraldas y Boyacá, Riobamba, Ecuador +593.92746524

1 de 1



**Anexo 16.** Presupuesto para la elaboración del sistema de web

#	Detalle	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Equipos				
1	Sismógrafo basado en Arduino	1	300	300
2	Pluviómetro basado en Arduino	1	300	300
3	Anemómetro	1	30	30
4	Placa de conexión	2	15	30
5	Tarjeta de almacenamiento micro sd 16 Gb	3	16	48
6	Raspberry Pi 4	1	130	130
7	Terminal PC coreI7	1	1000	1000
9	Tarjeta Ethernet	1	11.61	11.61
10	Tarjeta Micro Sd 32gb Clase 10	1	15	15
Transporte				
11	Viajes a la estación meteorológica	16	25	400
Servicios				
12	Internet cada mes	18	12	216
			Subtotal	2480.61
			IVA	297.67
			Total	2778.28