

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA  
Y TELECOMUNICACIONES**

**Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de:**  
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SENSORES PARA MEDIR TEMPERATURA,  
HUMEDAD, CAUDAL DE LA FUENTE DE AGUA “YANARUMI”  
PERTENECIENTE AL CANTÓN GUANO.**

**Autor:**

Byron Eduardo Sánchez Sánchez

**Tutor:**

Dr. Marlon Basantes Valverde. PhD

**Riobamba – Ecuador**

**Año 2019**

Los miembros del tribunal de graduación del proyecto de investigación de título: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SENSORES PARA MEDIR TEMPERATURA, HUMEDAD, CAUDAL DE LA FUENTE DE AGUA “YANARUMI” PERTENECIENTE AL CANTÓN GUANO”**, presentado por: **Byron Eduardo Sánchez Sánchez**, dirigido por: **Dr. Marlon Basantes Valverde. PhD.**

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.

Para constancia de lo expuesto firman.

Mes. Deysi Inca Balseca  
**Presidente del Tribunal**

**Firma**

Dr. Leonardo Fabian Rentería Bustamante  
**Miembro del Tribunal**

**Firma**

Dr. Klever Hernán Torres Rodríguez  
**Miembro del Tribunal**

**Firma**

## DECLARACIÓN EXPRESA DE TUTORÍA

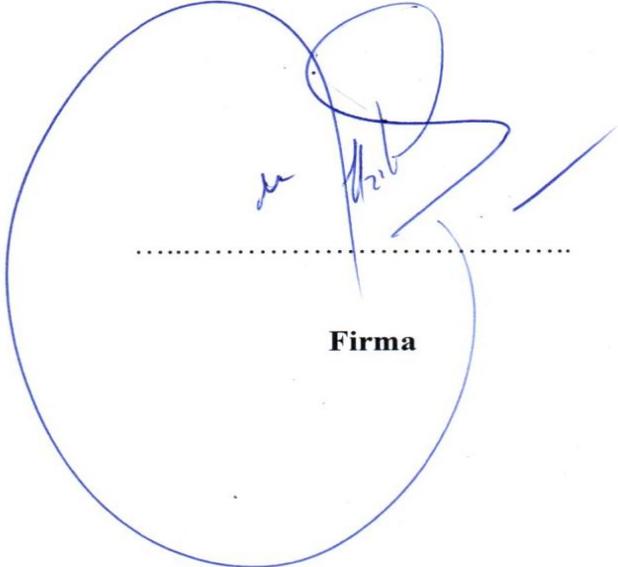
En calidad de tutor del tema de investigación “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SENSORES PARA MEDIR TEMPERATURA, HUMEDAD, CAUDAL DE LA FUENTE DE AGUA “YANARUMI” PERTENECIENTE AL CANTÓN GUANO**” realizado por el Sr. **Byron Eduardo Sánchez Sánchez**, para optar por el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sustentada públicamente y evaluada por el jurado examinador que se designe.

Riobamba, junio 2019

Dr. Marlon Basantes Valverde. PhD

C.I. 060275643-9

**TUTOR:**



Firma

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este proyecto de graduación corresponde exclusivamente a: **Byron Eduardo Sánchez Sánchez, Dr. Marlon Basantes Valverde. PhD, Fundación Ecosur Sede Riobamba**; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



Byron Eduardo Sánchez Sánchez

C.I. 060413085-6

## **DEDICATORIA**

*“Dejen que el futuro diga la verdad y evalúe a cada uno de acuerdo a sus trabajos y a sus logros. El presente es de ellos, pero el futuro, por el cual trabajé tanto, es mío  
– Nikola Tesla.”*

*Este proyecto se lo dedico a mi creador, por ser el motor e inspirador y darme la fuerza para continuar en este proceso y obtener uno de mis logros más anhelados.*

*A mis padres Carlos y Blanquita, por darme un amor único e incondicional, sus ejemplos de tenacidad y arduo trabajo los llevo impregnados en el fondo de mi corazón, gracias a ustedes he logrado culminar una etapa más de mi vida.*

*A mis hermanos y hermanas, que siempre han sido un ejemplo a seguir y que siempre estuvieron ahí compartiendo mis triunfos y mis fracasos, a lo largo de mi trayectoria estudiantil.*

***Con amor Eduardo***

## AGRADECIMIENTO

*Le agradezco infinitamente a mi padre Jehová, por ser mi guía, mi consuelo en tiempos de angustia, por brindarnos la vida inteligencia, sabiduría para tomar buenas decisiones, y por haber permitido cumplir uno de mis sueños más anhelados.*

*Por el apoyo brindado a lo largo de mi vida, les agradezco a mis padres por los valores inculcados de lucha y perseverancia, por haberme permitido la oportunidad de tener una excelente educación.*

*A mis hermanos por ser parte importante en mi vida, por el apoyo en aquellos momentos de necesidad, demostrar que la unidad familiar existe y por ser ejemplos superación.*

*A mis profesores, les agradezco por todo el apoyo y el conocimiento impartido desde las aulas de clase, a lo largo de la carrera.*

*A mi tutor, Dr. Marlon Basantes Valverde. PhD que a más que ser un guía se ha convertido en mi mejor amigo, y consejero gracias por confiar en mí, por disponer de su tiempo, orientación y asesoramiento en el desarrollo de esta tesis.*

***Eduardo***

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>XIII</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>XIV</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XV</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>2</b>
1. OBJETIVOS .....	2
1.1. GENERAL.....	2
1.2. ESPECÍFICOS.....	2
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>3</b>
2. ESTADO DEL ARTE RELACIONADO A LA TEMÁTICA.....	3
2.1. ANTECEDENTES.....	3
2.2. IMPORTANCIA DEL AGUA.....	3
2.3. MÉTODOS DE CAPTACIÓN DE AGUA .....	4
2.4. IMPORTANCIA DE LOS PÁRAMOS .....	9
2.5. ANTECEDENTES.....	9
2.5.1. SENSORES ELECTRÓNICOS .....	9
2.5.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS SENSORES.....	10
2.6. SENSORES DE TEMPERATURA .....	11
2.6.1. SENSOR DE TEMPERATURA/HUMEDAD DTH21 .....	11
2.6.2. SENSOR PRESIÓN ATMOSFÉRICA BMP180 .....	14
2.6.3. SENSOR DE FLUJO YF-S201 (CAUDALÍMETRO).....	15
2.7. COMPONENTES DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS .....	16
2.7.1. LCD 128X64 .....	16
2.7.2. LM2596 FUENTE AJUSTABLE .....	17
2.7.3. ARDUINO MEGA.....	18
2.7.4. MÓDULO RELOJ EN TIEMPO REAL RTC3231 .....	19
2.7.5. MÓDULO WI-FI ETHERNET .....	20
2.7.6. SOFTWARE ARDUINO .....	21
2.8. RADIOENLACE .....	22
2.9. PANEL SOLAR: ENERGÍA SOLAR COMO FUENTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	23
2.9.1. SISTEMA FOTOVOLTAICO .....	24
2.9.2. ALGUNAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ECUADOR .....	26
2.10. ENERGIA SOLAR.....	27

2.10.1.	RADIACIÓN DIRECTA.....	27
2.10.2.	RADIACIÓN DIFUSA.....	27
2.10.3.	RADIACIÓN REFLEJADA.....	28
2.11.	MEDICIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR.....	28
2.11.1.	RADIACIÓN SOLAR PROMEDIO DEL ECUADOR.....	29
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>30</b>
<b>3.</b>	<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>30</b>
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	30
3.2.	UNIDAD DE ANÁLISIS.....	30
3.2.1.	POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	30
3.2.2.	TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	30
3.3.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN.....	30
3.3.1.	OBSERVACIÓN.....	30
3.3.2.	FUENTES DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	30
3.4.	INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
3.5.	HIPÓTESIS.....	31
3.5.1.	OPERALIZACIÓN DE VARIABLES.....	31
3.6.	PROCEDIMIENTOS.....	32
3.6.1.	SOCIALIZACION CON LOS REPRESENTANTES DE LA PARROQUIA VALPARAISO EN CONJUNTO CON LOS MIEMBROS DE LA FUNCACIÓN ECOSUR.....	32
3.7.	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	34
3.7.1.	DISEÑO DEL SISTEMA.....	34
3.7.2.	EL CONSUMO DE ENERGÍA, DEMANDA PROMEDIO.....	35
3.7.3.	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO A IMPLEMENTAR MES ABRIL.....	35
3.7.4.	MODULO FOTOVOLTAICO.....	39
3.7.5.	ORIENTACIÓN DEL PANEL SOLAR.....	40
3.7.6.	PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	40
3.7.7.	CONTROLADOR DE CARGA.....	41
3.7.8.	BANCO DE BATERÍAS.....	42
3.8.	DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO Y PCB PARA SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	43
3.8.1.	DISEÑO DEL REGULADOR DE VOLTAJE PARA EL CIRUITO.....	43
3.8.2.	DISEÑO DE LA FUENTE DE 5 V.....	44
3.8.3.	DISEÑO DE LA FUENTE DE 8 V.....	44
3.9.	PROTOCOLOS DE PROGRAMACIÓN EMPLEADOS.....	44
3.9.1.	BUS SPI.....	45

3.9.2.	PROTOCOLO I <sup>2</sup> C .....	46
3.10.	PROGRAMACIÓN DE SENSORES. ....	47
3.10.1.	PROGRAMACIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA/HUMEDAD (DHT21) 47	
3.10.2.	PROGRAMACIÓN DEL SENSOR DE CAUDAL YF-S201 .....	47
3.10.3.	PROGRAMACIÓN DEL SENSOR BAROMÉTRICO (BMP 180).....	48
3.11.	DISEÑO DE LA PLACA.....	50
3.12.	COMPILACION EN EL SOFTWARE ARDUINO .....	53
3.13.	DISEÑO DEL RADIOENLACE .....	55
	PARÁMETROS FIJOS .....	55
3.13.1.	CONFIGURACIONES PARA EL NODO PRINCIPAL.....	55
3.13.2.	CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA NODO PRINCIPAL-REPETIDOR .....	58
3.13.3.	SISTEMA NODO REPETIDOR-CLIENTE.....	59
3.15.	RESULTADOS DEL RADIO ENLACE.....	61
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>.....</b>	<b>63</b>
4.	RESULTADOS Y DISCUSION .....	63
4.1.	INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS .....	63
4.2.	REVISIÓN DE CONCEPTOS GENERALES PARA EL ANÁLISIS DE DATOS	63
4.2.1.	HIPÓTESIS .....	63
4.2.3.	CORRELACIÓN.....	64
4.2.4.	EL P VALOR .....	64
4.2.5.	ANOVA DE UN FACTOR.....	64
4.2.6.	DIAGRAMA DE CAJA O DIAGRAMA DE BIGOTES.....	65
4.3.	PRUEBAS Y RESULTADOS .....	65
4.3.1.	SOFTWARE SPSS.....	65
4.3.2.	SOFTWARE MATHEMATICA.....	66
4.4.	ANÁLISIS DE DATOS .....	66
4.4.1.	AJUSTE DE CURVAS DE VARIABLES AMBIENTALES TOMADAS ALEATORIAMENTE.....	67
4.4.2.	COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA .....	68
4.4.3.	COMPORTAMIENTO DE LA HUMEDAD .....	70
4.4.4.	COMPORTAMIENTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA .....	73
4.4.5.	AJUSTE DE CURVAS DE VARIABLES AMBIENTALES PROMEDIADAS EN UN MES .....	74
4.4.6.	AJUSTE DE CURVAS CON VALORES PROMEDIADOS (TEMPERATURA) 75	
4.4.7.	AJUSTE DE CURVAS CON VALORES PROMEDIADOS (HUMEDAD) .....	76

4.4.8. AJUSTE DE CURVAS CON VALORES PROMEDIADOS (PRESIÓN ATMOSFÉRICA) .....	78
4.5. CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES AMBIENTALES .....	79
4.6. CORRELACIÓN ENTRE LA TEMPERATURA - HUMEDAD EMPLEANDO WOLFRAM MATHEMATICA v12 .....	79
4.7. COMPARACIÓN DE MEDIAS ENTRE VARIABLES .....	81
4.8. PRUEBAS POST-HOC (TEMPERATURA) .....	82
4.8.1. PRUEBAS POST-HOC (HUMEDAD).....	84
4.8.2. PRUEBAS POST-HOC (PRESIÓN ATMOSFÉRICA) .....	85
4.8.3. DIAGRAMA DE CAJAS.....	85
4.9. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS. ....	88
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>89</b>
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	89
5.1. CONCLUSIONES .....	89
5.2. RECOMENDACIONES .....	90
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>93</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ecosistema paramo .....	7
Figura 2. Sensor .....	9
Figura 3. Sensor de humedad / Sensor de temperatura / Sensor Barométrico .....	11
Figura 4. Sensor de Temperatura/Humedad .....	13
Figura 5: Sensor de presión barométrica (BMP 180) .....	15
Figura 6: Sensor de Flujo YF-S201 .....	15
Figura 7: LCD grafico 128x64.....	17
Figura 8. LM295 fuente ajustable.....	18
Figura 9. Arduino Mega.....	19
Figura 10. RTC 3231 (Reloj en tiempo Real).....	20
Figura 11. Módulo Wi-Fi Ethernet .....	20
Figura 12. a) Software Arduino b) pantalla de inicio .....	22
Figura 13. Radioenlace .....	23
Figura 14. Efecto fotovoltaico .....	23
Figura 15. Esquema de un sistema solar fotovoltaico.....	25
Figura 16. Energía que ingresa a la tierra en promedio cada año expresada en Tera vatios-año (TW-año). Según Davis Ged, 1990.....	27
Figura 17: a) Red nrel de puntos. b) Grilla de insolación solar. ....	27
Figura 18. Mapa solar del Ecuador .....	27
Figura 19. Insolación en el mes de abril: .....	28
Figura 20. Paneles Solares .....	29
Figura 21. Insolación en Ecuador .....	29
Figura 22. a) Dialogo con los miembros de la comunidad Valparaíso b) Representante de Ecosur .....	33
Figura 23. Esquema general del sistema de adquisición de datos ambientales .....	33
Figura 24 .a) Panel Fotovoltaico b) Características de Operación c) Estructura para el panel Fotovoltaico d) Orientación del panel fotovoltaico .....	41
Figura 25: a) Controlador de Carga b) Diagrama de conexión c) Indicadores de conexión d) Circuito de Control .....	42
Figura 26. Batería First Power LFP 12100(12V 100Ah/10Hrs).....	43
Figura 27 . Diseño de la Fuente de 5v .....	44
Figura 28. Diseño de la Fuente de 8v .....	44
Figura 29. SPI Master-Eslave .....	45
Figura 30. Circuito sensor temperatura / humedad (DTH21) .....	47
Figura 31. Circuito sensor caudal (YF-S201) .....	48
Figura 32. Circuito sensor Barométrico (BMP180).....	48
Figura 33. Circuito Reloj en tiempo Real (BMP180).....	49
Figura 34. Pines de Conexión GLCD (BMP180) .....	49
Figura 35. a) Layout con elementos incorporados b) Layout modo espejo c) placa con pistas .....	51
Figura 36. Diagrama esquemático del Sistema de adquisición de datos .....	52
Figura 37. a) Compilación b) Compilación exitosa .....	53
Figura 38. a) Carga de archivo b) Comprobación del puerto COM .....	53
Figura 39. a) Detección de la placa a emplear b) Monitor Serie .....	53
Figura 40. Monitor Serie a) Inicialización de Sensores b) Inicialización de la Sd Card .....	54
Figura 41. Transmisión de Datos .....	54
Figura 42. Página Web.....	54
Figura 43. Asignación de coordenadas Latitud-Longitud.....	55

Figura 44. Asignación de Coordenadas para el Repetidor.....	56
Figura 45. Asignación de Coordenadas para el nodo cliente.....	56
Figura 46. Red Principal-Repetidor .....	57
Figura 47. Nodo principal como master, repetidor como esclavo .....	57
Figura 48. Configuración del sistema nodo principal-repetidor .....	58
Figura 49. Red Repetidor-Cliente .....	58
Figura 50. Configuración del repetidor como master-cliente esclavo .....	59
Figura 51. Sistema nodo repetidor-cliente .....	59
Figura 52. Resultados Diagrama.....	60
Figura 53. Enlace de radio nodo principal- repetidor .....	60
Figura 54. Enlace de radio nodo repetidor-nodo cliente.....	61
Figura 55. a) Software SPSS b) Entorno de Desarrollo.....	65
Figura 56. Software Mathematica 12 b) Entorno de Desarrollo.....	66
Figura 57. Comportamiento de la Temperatura día 4.....	68
Figura 58. Ajuste de curvas empleando el Software Mathematica v12.....	69
Figura 59. Ajuste de curvas empleando el Software Mathematica v12.....	70
Figura 60. Comportamiento de la Humedad empleando Software SPSS.....	71
Figura 61. Ajuste de curvas empleando el Software Mathematica v12.....	72
Figura 62. Ajuste de curvas empleando el Software Mathematica v12.....	72
Figura 63. Comportamiento de la Presión Atmosférica empleando el software SPSS .....	73
Figura 64. Ajuste de curvas empleando el Software Mathematica v12.....	74
Figura 65. Temperatura promedio empleando el software SPSS .....	75
Figura 66. Humedad promedio .....	76
Figura 67. Presión Atmosférica promedio empleando el Software SPSS .....	78
Figura 68: Grafica de la Temperatura con datos reales empleando el Software Mathematica v12.....	80
Figura 69: Grafica de la Humedad con datos reales empleando el Software Mathematica v12 .....	80
Figura 70. Correlación Temperatura vs Humedad empleando el Software Mathematica v12 .....	81
Figura 71. Gráfica de Medias de la Temperatura empleando el software SPSS .....	83
Figura 72. Grafica de Medias de la Humedad empleando el software SPSS .....	84
Figura 73. Grafica de Medias de la Presión Atmosférica empleando el software SPSS .....	85
Figura 74. Diagrama de caja de la Temperatura empleando el software SPSS.....	86
Figura 75. Gráfica de Medias de la Humedad empleando el software SPSS .....	86
Figura 76. Grafica de Medias de la Presión Atmosférica empleando el software SPSS .....	87
Figura 77. Ubicación de la mini-estación meteorológica .....	94
Figura 78. Comportamiento de las variables ambientales: .....	109
Figura 79. Histogramas del comportamiento de las variables ambientales:.....	110
Figura 80. Entrevista por parte de la PRENSA acerca del trabajo realizado.....	111
Figura 81. Publicación de la entrevista del trabajo realizado .....	112
Figura 82. Certificación por parte del Dr. Paúl Moreno, Director Ejecutivo y Representante legal de la Fundación Ecosur. ....	113

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de pines LCD 128x64 .....	17
Tabla 2: Unidades utilizadas en energía solar fotovoltaica .....	25
Tabla 3. Insolación difusa promedio en el Ecuador.....	29
Tabla 4. Operacionalización de variables .....	31
Tabla 5. Consumo de datos promedio de energía en [W].....	34
Tabla 6. Ejemplo, Calculo de Energía [W].....	35
Tabla 7. Tiempos de consumo por día .....	36
Tabla 8. Determinación de las cargas en corriente continua (12V CC).....	37
Tabla 9. Determinación de las cargas en corriente continua (5V CC).....	37
Tabla 10. Base de datos de un día aleatorio.....	67
Tabla 11. Resumen del modelo y estimaciones de parámetros con respecto a la Temperatura .....	68
Tabla 12. Resumen del modelo y estimaciones de parámetros con respecto a la Humedad ..	71
Tabla 13. Resumen del modelo y estimaciones de parámetros con respecto a la Presión Atmosférica.....	73
Tabla 14. Resumen del modelo y estimaciones de parámetro con respecto a la Temperatura .....	75
Tabla 15. Resumen del modelo y estimaciones de parámetro con respecto a la Humedad....	76
Tabla 16. Resumen del modelo y estimaciones de parámetro con respecto a la Presión Atmosférica.....	78
Tabla 17. Correlaciones (Temperatura) .....	79
Tabla 18: categorización de variables ambientales.....	81
Tabla 19. ANOVA TEMPERATURA MEDIA .....	82
Tabla 20. Temperatura Media.....	82
Tabla 21: Pruebas POST-HOC .....	82
Tabla 22. ANOVA HUMEDAD MEDIA .....	83
Tabla 23. Humedad Media.....	83
Tabla 24. ANOVA DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA .....	84
Tabla 25. Presión Media .....	85
Anexo 1: Tabla 26. Descripción de pines LCD 128x64 .....	93
Anexo 2: Tabla 27. Insolación Promedio en el Ecuador .....	93
Tabla 28. Resumen del comportamiento de las variables ambientales en el periodo abril - mayo.....	109
Anexo 16.Tabla 29 Presupuesto para la elaboración de la estación meterológica .....	114

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo de la humedad Relativa.....	12
Ecuación 2. Correlación experimental original de Goff-Gratch.....	13
Ecuación 3. Fórmula empleada para el cálculo del flujo.....	47
Ecuación 4 . Fórmula empleada para calcular el Coeficiente de Pearson .....	63
Ecuación 5. Fórmula empleada para calcular el Coeficiente de Pearson .....	64
Ecuación 6. Modelo Matemático del comportamiento de la Temperatura con SPSS v12 .....	69
Ecuación 7. Ajuste de curvas: Aproximación Exponencial o Gaussiana (Temperatura) .....	69
Ecuación 8. Ajuste de curvas: Aproximación a una curva potencial de grado 11 (Temperatura) .....	70
Ecuación 9. Modelo Matemático del comportamiento de la Humedad empleando el software SPSSS .....	71
Ecuación 10. Aproximación a una curva exponencial o Gaussiana empleando Mathematica v12.....	72
Ecuación 11. aproximación a una curva potencial de grado empleando Mathematica v12 ...	72
Ecuación 12. Modelo Matemático del comportamiento de la Presión Atmosférica.....	74
Ecuación 13. aproximación empleando un oscilador amortiguado .....	74
Ecuación 14. Modelo Matemático del comportamiento de la Presión Atmosférica.....	76
Ecuación 15. Modelo Matemático del comportamiento de la Humedad.....	77
Ecuación 16. Modelo Matemático del comportamiento de la Presión Atmosférica.....	78
Ecuación 17. Relación Temperatura-Humedad .....	79
Ecuación 18. Ecuación 17. Relación Temperatura-Humedad .....	80

## RESUMEN

La presente investigación trata sobre el diseño y la implementación de un sistema de adquisición de datos ambientales, con el objetivo de mantener el monitoreo constante de una fuente ancestral de captación de agua dulce. La validación científica del real funcionamiento de estas “Piscinas de Recolección”, ubicadas en la comunidad de Valparaíso en el sector de Yanarumi cantón Guano, fue un pedido de la Fundación Ecosur sede Riobamba.

La manera más eficaz de validar esta siembra de agua fue adquirir la mayor cantidad de datos ambientales. Para la adquisición de estos datos, se procedió al diseño y construcción de una mini Estación Meteorológica *in situ*. Se emplearon diversas técnicas y disciplinas, lo que permitió validar cuantitativamente el grado de funcionalidad de las piscinas, así como el método de *cosecha de agua* o *Yacutarpuna*.

El documento se divide en 4 capítulos. El primero trata sobre la importancia del manejo adecuado de los páramos y de las fuentes de captación de agua dulce existentes, además se analiza las posibles técnicas del manejo adecuado y responsable de fuentes del recurso agua.

El segundo capítulo desarrolla la metodología de la investigación y se plantean además las hipótesis a ser comprobadas en este proyecto.

El tercer capítulo describe las diversas técnicas, disciplinas y procedimientos utilizados para el desarrollo del sistema de adquisición de datos ambientales (control y almacenamiento en tiempo real), así como el empleo de energías alternativas, diseño de un radio enlace para dotar de comunicación al sistema y la construcción de una Mini-Estación Meteorológica en una de las piscinas de Yanarumi.

En el cuarto capítulo se analizan e interpretan los resultados recabados y obtenidos mediante un análisis estadístico con la finalidad de evaluar el comportamiento, de las piscinas de captación de agua dulce y poder concluir así con su validación científica.

## ABSTRACT

### Abstract

This research deals with the design and implementation of an environmental data acquisition system to maintain constant monitoring of an ancestral source of freshwater collection. The scientific validation of the actual operation of these "Collection Pools," located in the community of Valparaíso of Guano canton, was an order of the Ecosur Foundation Riobamba headquarters.

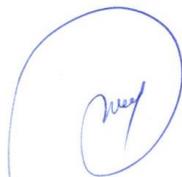
The most effective way to validate this water planting was to acquire the most significant amount of environmental data. For the acquisition of data, we proceeded to the design, construction of a mini Meteorological Station in situ. Various techniques and disciplines were used, which allowed to quantitatively validate the degree of functionality, as well as the water harvesting method or Yacutarpuna.

The document divided into four chapters : The first deals with the importance of the proper management of the páramos. It analyses the possible techniques for the proper and responsible management of water sources.

The second chapter develops the research methodology, and the hypotheses to be tested in this project also considered.

The third chapter describes techniques, disciplines, and procedures used for the development of the data acquisition system (control, storage in real time), the use of alternative energies, design of a link to provide communication to the system.

The fourth chapter analyzes and interprets the results obtained, obtained through statistical analysis to evaluate the behavior of the freshwater catchment pools and thus be able to conclude with its scientific validation.



Reviewed by: Caisaguano Janneth

Language Center Teacher

## INTRODUCCIÓN

Las telecomunicaciones han sido un factor importante para el desarrollo humano en los últimos años, ya que en ellas se buscan proporcionar servicios a bajos costos sin poner en peligro la seguridad y la fiabilidad de la transmisión, proporcionando servicios de telecomunicaciones de calidad (León, 2013).

Debido a que en la actualidad existe un problema ambiental muy delicado con el recurso agua, a más de ello los diferentes enfoques y estudios ambientales que tratan de entender y resolver la recolección de este recurso con métodos cada vez más eficientes y económicos. Uno de ellos es la construcción de piscinas ancestrales de captación de humedad como la que se encuentra en funcionamiento en la zona alta de Yanarumi perteneciente al cantón Guano de la Provincia de Chimborazo. Sin embargo, esta posible solución a la captación del recurso agua dulce tiene limitantes, pues la piscina solo capta la humedad local de la zona alta sin tomar en cuenta ningún parámetro ambiental ni medir variables que pudieran influir en su funcionamiento y por ende restringe significativamente su optimización y mejora futuras.

Por sus múltiples aplicaciones, los sensores electrónicos pueden ser una solución para la medición, toma y recolección de datos de las principales variables ambientales climatológicas. Lo que permitiría estudiar cuantitativamente el funcionamiento de las piscinas de captación de agua dulce de manera que estos reservorios sean utilizados para mejorar la calidad de vida de la población local remediando así algunos de los problemas presentes en nuestra sociedad.

Esta tesis pretende demostrar de manera cuantitativa si las piscinas ancestrales construidas de manera empírica están cumpliendo con el objetivo planteado; es decir, la captación de agua dulce por precipitaciones y/o condensación.

En este trabajo se diseñó, construyó e implemento, a bajos costos, un conjunto de sensores reunidos en una pequeña estación meteorológica ubica in-situ, para la medición de algunos de los principales parámetros ambientales en las piscinas de Yanarumi, actualmente en funcionamiento. También se procedió con el monitoreo y la recolección de datos en los meses de marzo y abril de 2019 para finalmente analizarlos mediante los softwares computacionales (SPSS IBM v24 - Wólffram Mathematica v12.0), con el objetivo de buscar correlación entre las variables. El trabajo conto con el apoyo y financiamiento de la fundación ECOSUR sede en Riobamba.

## **CAPÍTULO I**

### **1. OBJETIVOS**

#### **1.1. GENERAL.**

- Diseñar e Implementar sensores para medir temperatura, humedad, caudal de la fuente de agua Yanarumi perteneciente al Cantón Guano.

#### **1.2. ESPECÍFICOS.**

- Monitorear y recolectar datos ambientales.
- Analizar los datos obtenidos mediante el uso de programas estadísticos.

## **CAPÍTULO II**

### **2. ESTADO DEL ARTE RELACIONADO A LA TEMÁTICA**

#### **2.1. ANTECEDENTES**

En la actualidad existe un problema ambiental muy delicado con el recurso agua dulce, existen también diferentes enfoques y estudios ambientales que tratan de entender y resolver la recolección de este recurso con métodos cada vez más eficientes y económicos. Uno de ellos es la construcción de piscinas ancestrales de captación de humedad como la que se encuentra en funcionamiento en la zona alta de Yanarumi perteneciente al cantón Guano de la Provincia de Chimborazo. Sin embargo, esta posible solución a la captación del recurso agua dulce tiene limitantes, pues la piscina solo capta la humedad local de la zona alta sin tomar en cuenta ningún parámetro ambiental ni medir variables que pudieran influir en su funcionamiento y por ende restringe significativamente su optimización y mejoras futuras.

Los altos costos para la implementación de estos sensores de medición, como presión, temperatura, humedad y caudal son un limitante en nuestro país para el desarrollo de los dispositivos electrónicos basados en Arduino. En este trabajo se diseñó, construyó e implementó, a bajos costos un conjunto de sensores para la medición de algunos de los principales parámetros ambientales en la piscina de Yanarumi, actualmente en funcionamiento.

#### **2.2. IMPORTANCIA DEL AGUA**

El agua está en el epicentro del desarrollo sostenible y es fundamental para el desarrollo socioeconómico, la energía y la producción de alimentos, los ecosistemas saludables y para la supervivencia misma de los seres humanos. El agua también forma parte crucial de la adaptación al cambio climático, y es el vínculo crucial entre la sociedad y el medioambiente (Unidas, 2015).

El agua es, además, una cuestión de derechos. A medida que crece la población mundial, se genera una necesidad creciente de conciliar la competencia entre las demandas comerciales de los recursos hídricos para que las comunidades tengan lo suficiente para satisfacer sus necesidades.

**El agua es, probablemente, la sustancia más importante para la vida** (más que el oxígeno o cualquier nutriente). Por ello, su disponibilidad es la razón de algunas de las guerras más encarnizadas de la historia. Ecología, política, salud... ninguno de estos aspectos queda exento de la influencia del agua. Y los problemas que causa su falta son profundos y complejos (Xataka, 2018).

Alrededor de 2.000 millones de personas en 8 paises viven con escasez de agua, están constantemente al borde de la sequía, pero aun aquellos países favorecidos con recursos hídricos enfrentan el problema de la escasez potencial. Recordemos que de toda el agua que hay en la Tierra, solo el 3% es dulce, y de esta, solo la mitad es potable, sin perjuicio de que gran parte de las aguas dulces están bajo forma de hielos o son subterráneas y de difícil acceso. En este sentido, lógico es destacar que los problemas del agua se centran tanto en la calidad como en la cantidad.

La comunidad debe conocer la importancia de la “calidad” de la misma y esa comunidad debe encargarse de su cuidado y prevención (Democracia, 2018).

Un sistema de captación de agua de lluvia es cualquier tipo de ingenio para la recolección y el almacenamiento de agua de lluvia, y cuya viabilidad técnica y económica depende de la pluviosidad de la zona de captación y del uso que se le dé al agua recogida.

En lugares donde las aguas superficiales o subterráneas disponibles están fuera de los límites establecidos para considerarlas potables (en especial si contienen metales pesados como el plomo, mercurio, cromo u otras sustancias dañinas para la salud), se puede recurrir a la captación de agua de lluvia para consumo restringido, es decir para beber y para cocinar alimentos. En general se considera que las necesidades para estos fines se limitan a 4 a 6 litros por habitante y por día, mientras que el consumo total de agua es muy superior llegando incluso a superar los cien litros por habitante y por día (Pais, 2017).

### **2.3.MÉTODOS DE CAPTACIÓN DE AGUA**

Los Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia para uso doméstico y consumo humano a nivel de familia y comunitario representan tan una solución para abastecer en cantidad y calidad a las numerosas poblaciones rurales, periurbanas y urbanas que sufren la carencia de este vital líquido (Victor D. Phillips).

La actividad de recolección de aguas de lluvia era muy bien conocida por comunidades en épocas de antaño, sin embargo, estas prácticas tradicionales y utilitarias van perdiendo su trascendencia en la medida del auge técnico y tecnológico por el que atraviesa el planeta constantemente. Actualmente son las administraciones locales las que se encargan del manejo de las aguas y de su distribución a cada sector poblado.

Por ello se ha visto necesario la implementación de un sistema que trate de abastecer a la población en general con la recolección de aguas lluvias trae consigo un sinnúmero de retos e implicaciones de tipo ambiental, económico y de desarrollo sostenible y sustentable (Byron Arteaga, 2013).

Un sistema de captación de agua de lluvia es cualquier tipo de ingenio para la recolección y el almacenamiento de agua de lluvia, y cuya viabilidad técnica y económica depende de la pluviosidad de la zona de captación y del uso que se le dé al agua recogida.

En lugares donde las aguas superficiales o subterráneas disponibles están fuera de los límites establecidos para considerarlas potables (en especial si contienen metales pesados como el plomo, mercurio, cromo u otras sustancias dañinas para la salud), se puede recurrir a la captación de agua de lluvia para consumo restringido, es decir para beber y para cocinar alimentos. En general se considera que las necesidades para estos fines se limitan a 4 a 6 litros por habitante y por día, mientras que el consumo total de agua es muy superior llegando incluso a superar los cien litros por habitante y por día (Pais, 2017).

Los Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia para uso doméstico y consumo humano a nivel de familia y comunitario representan tan una solución para abastecer en cantidad y calidad a las numerosas poblaciones rurales, periurbanas y urbanas que sufren la carencia de este vital líquido (Victor D. Phillips).

La actividad de recolección de aguas de lluvia era muy bien conocida por comunidades en épocas de antaño, sin embargo, estas prácticas tradicionales y utilitarias van perdiendo su trascendencia en la medida del auge técnico y tecnológico por el que atraviesa el planeta constantemente. Actualmente son las administraciones locales las que se encargan del manejo de las aguas y de su distribución a cada sector poblado.

Por ello se ha visto necesario la implementación de un sistema que trate de abastecer a la población en general con la recolección de aguas lluvias trae consigo un sinnúmero de retos e implicaciones de tipo ambiental, económico y de desarrollo sostenible y sustentable (Byron Arteaga, 2013).

Las regiones de páramos son consideradas ecosistemas de montaña al encontrarse en una altitud que varía desde los 3100 metros hasta incluso los 5000 metros sobre el nivel del mar. En el páramo predomina la vegetación de tipo arbusto o matorral, por eso también son llamados regiones de matorral de montaña.

El bioma de los páramos, son regiones estratégicas por su altitud y climatología cuya función es la retención de aguas y la regulación hídrica durante todo el año. Son terrenos considerados como grandes reguladores del agua que permiten en épocas de sequía y durante los veranos que el agua retenida a esas altitudes sea aportada por escurrimiento y gradualmente a las tierras bajas, dado que en estas zonas son donde se generan los ríos, riachuelos, acueductos o quebradas (Ovacen, 2018).

Tomando en cuenta estos rasgos, los páramos son un lugar privilegiado y con potencial para la investigación científica. Además, su característica más significativa para la vida es que son una gran fuente de agua dulce. Debido a su clima frío y suelo orgánico, son ideales para recoger, filtrar y regular el agua que llega por lluvias, neblinas y deshielos. El páramo libera luego agua limpia y pura de forma constante (Aida, 2013).

Recibimos el agua directamente desde el cielo como lluvia, granizo, nieve o neblina. También nos llega, indirectamente, mediante manantiales y lagunas. Los ríos recogen y transportan el agua que cae en sectores distantes.

El agua del cielo puede caer en forma de lluvia, granizo o nieve. Y la neblina también trae agua, pero como vapor.

La condensación puede ocurrir cuando una nube húmeda (como una que viene del mar) es llevada hacia arriba por el aire caliente. En un día muy caluroso, el aire que se encuentra cerca de la tierra se calienta mucho. El aire caliente sube y empuja las nubes más arriba. Al enfriarse, los vapores en las nubes se condensan. Por eso, después de un día muy caluroso y húmedo, es muy probable que llueva.

La neblina contiene pequeñas partículas de vapor igual que las nubes, pero permanece cerca de la tierra. A veces podemos ver cómo la neblina humedece los árboles que se encuentran a su paso. Cuando la neblina se mueve, sus partículas de vapor chocan contra las hojas y dejan gotitas de agua pegadas a ellas. Poco a poco, se forma una gota mayor que cae por su propio peso. Cuando hay viento o cuando el aire se calienta mucho, la neblina se eleva y se dispersa (Berkeley), 2013).

Esta neblina se forma sobre la planicie, al pie de la cordillera. El viento eleva el aire húmedo en busca de una salida por encima de las montañas. El enfriamiento del aire y la consiguiente condensación del vapor ocurren por el rápido cambio de altura. La neblina pesada se extiende sobre la ladera, pero si el viento no logra elevar y dispersarla, ella se acumula y forma una niebla densa. Se estima que los bosques que atrapan esta niebla aportan hasta con el 60 % del agua que reciben las comunidades inmediatamente abajo (Roach, 2001).

Estos atrapan nieblas naturales hoy desaparecen en forma acelerada. Los pastos y cultivos que los reemplazan no logran atrapar casi nada del agua de la niebla.



*Figura 1. Ecosistema paramo*

**Fuente:** (Berkeley), 2013)

## **FACTORES CLIMÁTICOS DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES**

- El clima es una ciencia muy compleja porque hay que tomar en cuenta muchos elementos. Los más importantes son:
- La temperatura del aire
- La presión atmosférica
- La humedad
- La contaminación del aire

- Los accidentes topográficos, como montañas y valles
- Los ambientes naturales, como bosques, páramos, lagos y ríos
- Los ambientes artificiales como ciudades, cultivos e incendios
- El periodo pronosticado
- Todos ellos actúan en conjunto para determinar el clima de un lugar.

Debido a que el factor líquido es de suma importancia es necesario prever la disponibilidad de agua, en el futuro también debemos entender el comportamiento de los glaciares. Actualmente, los nevados están retrocediendo en la mayor parte de la cordillera de los Andes.

El calentamiento del aire puede acelerar su deshielo. Por otro lado, una precipitación mayor de nieve, en ciertas temporadas del año o en ciertos años, puede frenar la pérdida del hielo. El deshielo rápido de los glaciares aumentaría los caudales en las quebradas, a corto plazo, complaciendo a las poblaciones de más abajo. A mediano y largo plazos, cuando ya no haya más hielo arriba, se reducirían los caudales. Esto puede ocasionar conflictos entre los usuarios del agua. Más que todo, puede causar desplazamientos de poblaciones y grandes pérdidas económicas (Berkeley), 2013).

Los conocimientos de nuestros abuelos sobre el manejo (la crianza) del agua son invalorable.

Debido a que la crianza implica no solo sacar provecho de ella. Nuestros abuelos consideraban el agua como un ser vivo, como parte de su comunidad. El agua les ayudaba a criar a los suyos. Y ellos, por respeto mutuo, intentaban criar al agua. No la desperdiciaban, la cuidaban (Berkeley), 2013).

Estas prácticas son resultados de sus experimentos vivenciales de miles de años.

Los mayores enseñaron a sus hijos las prácticas que les resultaban mejor. Para implementarlas, ellos no necesitaban dinero, maquinaria ni títulos universitarios. Sus técnicas son fáciles de comprender porque están basadas en observaciones minuciosas de la misma naturaleza. Son fáciles de implementar porque utilizan materiales de su propio entorno, así como su propia fuerza y la de sus vecinos. Son fáciles de modificar y adecuar a otros sitios porque uno mismo va evaluando los resultados (Berkeley), 2013).

## 2.4. IMPORTANCIA DE LOS PÁRAMOS

Las regiones de páramos son consideradas ecosistemas de montaña al encontrarse en una altitud que varía desde los 3100 metros hasta incluso los 5000 metros sobre el nivel del mar. En el páramo predomina la vegetación de tipo arbusto o matorral, por eso también son llamados regiones de matorral de montaña.

El bioma de los páramos, son regiones estratégicas por su altitud y climatología cuya función es la retención de aguas y la regulación hídrica durante todo el año. Son terrenos considerados como grandes reguladores del agua que permiten en épocas de sequía y durante los veranos que el agua retenida a esas altitudes sea aportada por escurrimiento y gradualmente a las tierras bajas, dado que en estas zonas son donde se generan los ríos, riachuelos, acueductos o quebradas (Ovacen, 2018).

Tomando en cuenta estos rasgos, los páramos son un lugar privilegiado y con potencial para la investigación científica. Además, su característica más significativa para la vida es que son una gran fuente de agua dulce. Debido a su clima frío y suelo orgánico, son ideales para recoger, filtrar y regular el agua que llega por lluvias, neblinas y deshielos. El páramo libera luego agua limpia y pura de forma constante (Aida, 2013).

## 2.5. ANTECEDENTES

### 2.5.1. SENSORES ELECTRÓNICOS

Un sensor es un dispositivo que está capacitado para detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia. Es decir, nos permite captar la información del medio físico que nos rodea. Se encarga de medir magnitudes físicas y transformarlas en señales eléctricas capaces de ser extendidas por un microcontrolador capaz de detectar magnitudes químicas o físicas y transformarlas en señales eléctricas (Guimerans, 2018).



*Figura 2. Sensor*

**Fuente:** (Guimerans, PrototipadoLab, 2017)

La electrónica digital conjuntamente con los sensores son dispositivos capaces de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación y transformarlas en variables eléctricas.

Estas variables de instrumentación pueden ser, por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, humedad, pH, etc. (Guimerans, 2018).

A la hora de elegir un sensor adecuado para el microcontrolador debemos tener en cuenta los valores que puede leer las entradas analógicas o digitales de la placa para poder conectarlo o sino adaptar la señal del sensor a los valores que acepta el Microcontrolador.

Una vez comprobado la compatibilidad del sensor con las entradas al microcontrolador, se debe verificar como realizar la lectura del sensor mediante la programación, para ello se comprueba si existen librerías disponibles, o de ser el caso emplear otros métodos disponibles para la lectura de la entrada analógica o digital.

Finalmente, verificar la fuente de alimentación para el sensor y comprobar, si se puede realizar directamente desde el microcontrolador, o de otra fuente exterior.

Además, en función del número de sensores que deseamos conectar es necesario considerar si el microcontrolador está en la capacidad de alimentar todos los sensores, por ello es necesario conocer las limitaciones de alimentación del microcontrolador (Guimerans, PrototipadoLab, 2017).

También es necesario conocer las diversas características de los sensores ya que son un factor determinante para la toma de datos, entre los más importantes son:

### **2.5.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS SENSORES**

**Rango de medida:** dominio en la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.

**Precisión:** es el error de medida máximo esperado.

**Offset o desviación de cero:** valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula. Si el rango de medida no llega a valores nulos de la variable de entrada, habitualmente se establece otro punto de referencia para definir el offset.

Linealidad o correlación lineal.

**Sensibilidad de un sensor:** suponiendo que es de entrada a salida y la variación de la magnitud de entrada.

**Resolución:** mínima variación de la magnitud de entrada que puede detectarse a la salida.

**Rapidez de respuesta:** puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir. Depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.

**Derivas:** son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, que influyen en la variable de salida. Por ejemplo, pueden ser condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura u otras como el envejecimiento (oxidación, desgaste, etc.) del sensor.

**Repetitividad:** error esperado al repetir varias veces la misma medida (Arduino, 2016).

## 2.6. SENSORES DE TEMPERATURA

Los sensores de temperatura (humedad, temperatura, presión atmosférica) son dispositivos que transforman los cambios de temperatura en cambios en señales eléctricas que son procesados por equipos eléctrico o electrónico (Guimerans, 2018).



*Figura 3. Sensor de humedad / Sensor de temperatura / Sensor Barométrico*

**Fuente:** (Guimerans, 2018)

### 2.6.1. SENSOR DE TEMPERATURA/HUMEDAD DTH21

La mayoría de los sensores de temperatura funcionan aprovechando una característica física de algunos materiales conductores y semiconductores, estos materiales son capaces de variar la resistencia eléctrica en función de la temperatura ambiente, gracias a este principio podemos describir el funcionamiento de un sensor de temperatura de cualquier tipo (E-TOOLS, 2017).

La mayoría de los dispositivos de sensor de temperatura funcionan aprovechando una característica física de algunos materiales conductores y semiconductores, estos materiales son capaces de variar la resistencia eléctrica en función de la temperatura

ambiente, gracias a este principio podemos describir el funcionamiento de un sensor de temperatura de cualquier tipo (Motor, 2017).

Se trata de un sensor digital básico de bajo costo de temperatura y humedad. Se utiliza un sensor de humedad capacitivo y un termistor para medir el aire circundante, y envía una señal digital en el pin de datos (no son necesarios pines de entrada analógicos).

Integra un sensor capacitivo de humedad, un termistor y un microcontrolador encargado de realizar la conversión analógica a digital (Mechatronics, 2017).

Para el funcionamiento se debe conectar el cable rojo de alimentación a 3-5V, el cable amarillo a su pin de entrada de datos y el cable negro a tierra. (Electronilab, 2017).

La humedad relativa viene medida de la siguiente manera:

$$H.R. = \left( \frac{\text{densidad de vapor de real}}{\text{densidad vapor de saturación}} \right) * 100$$

*Ecuación 1. Cálculo de la humedad Relativa*

La humedad relativa se expresa como un porcentaje; un mayor porcentaje significa que la mezcla de aire y agua es más húmeda. Al 100% de humedad relativa, el aire está saturado y se encuentra en el llamado punto de rocío. Al 0 % de humedad relativa el aire se dice seco.

Este dispositivo denominado higrómetro mide la humedad relativa presente en el medio.

La humedad de una mezcla de aire y de vapor agua se determina mediante el uso de ecuaciones sencillas si se conocen tanto como la temperatura del bulbo seco como la temperatura del bulbo húmedo de la mezcla.

La ecuación de Goff-Gratch es una (posiblemente la primera confiable en la historia) entre muchas correlaciones experimentales propuestas para estimar la presión de vapor de agua de saturación a una temperatura dada (Goff, 1946).

Una de las ecuaciones más conocidas (aunque un poco compleja) es la correlación experimental original de Goff-Gratch (1946).

$$\log e^* = -7.90298 \left( \frac{T_{st}}{T-1} \right) + 5.02808 \log \left( \frac{T_{st}}{T} \right) \\ - 1.3816 \times 10^{-7} \left( 10^{11.344 \left( \frac{T_{st}}{T-1} \right)} - 1 \right) \\ + 8.1328 \times 10^{-3} \left( 10^{-3} \left( 10^{-3.49149 \left( \frac{T_{st}}{T-1} \right)} - 1 \right) \right) + \log e_{st}^*$$

*Ecuación 2. Correlación experimental original de Goff-Gratch*

**Fuente:** (Goff, 1946)

Donde:

- log se refiere al logaritmo en base 10
- $e^*$  es la presión de vapor de agua de saturación (hPa)
- $T$  es la temperatura del aire absoluta en kelvin
- $T_{st}$  es el punto de vapor (es decir, el punto de ebullición a 1 atm.).  
Temperatura (373.15K)
- $e_{st}^*$  es  $e^*$  a la presión del punto de vapor (1 atm=1013.25 hPa).



*Figura 4. Sensor de Temperatura/Humedad*

**Fuente:** (Electronilab, 2017)

### **Características**

- Alimentación:  $3.3\text{Vdc} \leq V_{cc} \leq 5.5\text{Vdc}$
- Corriente: 1-1.5mA
- Rango de medición de temperatura:  $-40^\circ\text{C}$  a  $80^\circ\text{C}$
- Precisión de medición de temperatura:  $<\pm 0.5^\circ\text{C}$

- Resolución Temperatura: 0.5°C
- Rango de medición de humedad: De 0 a 100% RH
- Precisión de medición de humedad: 3% RH
- Resolución Humedad: 0.1%RH
- Tiempo de censado: 2s
- Modelo: AM2301
- Longitud de cable: 25cm

### **2.6.2. SENSOR PRESIÓN ATMOSFÉRICA BMP180**

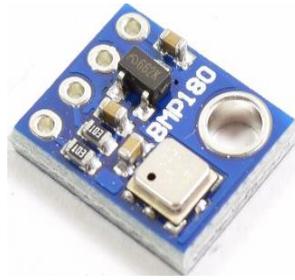
la presión es una expresión de la fuerza necesaria para impedir la expansión de un fluido. Normalmente se expresa en términos de fuerza por unidad de área. En general, los sensores de presión funcionan como un transductor; es decir, generan una señal en función de la presión a la que se someten (Association, 2018).

El sensor de presión barométrica o (barómetro) BMP180 (reemplazo de BMP085) posee alta precisión y de bajo consumo de energía. Ofrece un rango de medición desde 300 a 1100 hPa (Hecto Pascal), con una precisión absoluta de hasta 0,03 hPa. Basado en tecnología piezorresistiva de BOSCH con robustez EMC, alta precisión y linealidad, así como con estabilidad a largo plazo. Diseñado para ser conectado directamente a un microcontrolador a través de I2C utilizando solo 2 líneas.

Utilizan el efecto piezoeléctrico de determinados materiales, como el cuarzo, para medir la deformación de un elemento sensible originada por la presión. Esta tecnología se emplea comúnmente para la medición de presiones altamente dinámicas (Association, 2018).

Los sensores de presión piezorresistivos consisten en una membrana (principalmente de silicio) con galgas extensométricas integradas que detectan la deformación derivada de la presión aplicada. Estas galgas extensométricas se suelen configurar formando puente de Wheatstone, para reducir la sensibilidad e incrementar la potencia de la salida. Debido al material utilizado, pueden utilizarse hasta presiones en torno a 1000 bar (HBM, 2018).

Este tipo de sensores pueden ser utilizados para calcular la altitud con gran precisión, por lo que es un sensor muy utilizado en sistemas de Autopiloto para Drones (UAVs) (Mechatronics, 2017).



*Figura 5: Sensor de presión barométrica (BMP 180)*

**Fuente:** (Mechatronics, 2017)

### **2.6.3. SENSOR DE FLUJO YF-S201 (CAUDALÍMETRO)**

Sirve para medir el flujo o cantidad del agua (caudal) a través de una sección transversal por unidad de tiempo. Este sensor se instala en la línea del agua, y utiliza un dispositivo electrónico de efecto Hall. Sirve para medir la cantidad de líquido que se ha movido a través de él. El aspa del sensor tiene un pequeño imán atado, y hay un sensor magnético de efecto Hall, en el otro lado del tubo de plástico se puede medir la cantidad de vueltas del aspa de viento que ha hecho a través de la pared de plástico. Este método permite que el sensor permanezca seguro y seco.

El sensor viene con tres cables: rojo (potencia 5-24VDC), negro (a tierra) y amarillo (salida de impulsos de efecto Hall). Al contar los pulsos de la salida del sensor, puede seguir fácilmente el movimiento del fluido: cada pulso es de aproximadamente 2,25 mililitros.

Hay que tener presente que no es un sensor de precisión, y la frecuencia del pulso varía un poco dependiendo de la velocidad de flujo, la presión del fluido y la orientación del sensor. Se necesitará una cuidadosa calibración si se requiere más que un 10% de precisión. Sin embargo, su gran para las tareas básicas de medición (Marquez, 2014).



*Figura 6: Sensor de Flujo YF-S201*

*a) Encapsulado*

*b) Construcción interna*

**Fuente:** (Marquez, 2014)

## Características:

- Sensor de Flujo YF-S201.
- Tipo de sensor: Hall effect
- Voltaje de funcionamiento: 5 a 18 V DC
- Max consumo de corriente: 15 mA a 5 V
- Tipo de salida: 5V TTL
- Trabajo Caudal: de 1 a 30 litros / minuto
- Temperatura de funcionamiento: -25 a 80 °C
- Humedad de trabajo Rango: 35% -80% de humedad relativa
- Precisión:  $\pm 2\%$
- Rango de flujo: 1-30L/min
- Modo de detección: Vertical
- Presión máxima del agua: 2,0 MPa
- Ciclo de trabajo de la salida: 50% + 10%
- Tiempo de subida de la salida: 0.04us
- Tiempo de caída de la salida: 0.18us
- Velocidad de flujo características del pulso: Frecuencia (Hz) =  $7,5 * \text{Caudal (L / min)}$
- Pulsos por litro: 450
- Durabilidad: un mínimo de 300.000 ciclos
- Longitud del cable: 15cm
- 1/2 “conexiones nominales de tubería, 0.78” de diámetro exterior, 1/2 “de la rosca
- Tamaño: 2.5 “x 1.4” x 1.4.

## 2.7. COMPONENTES DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

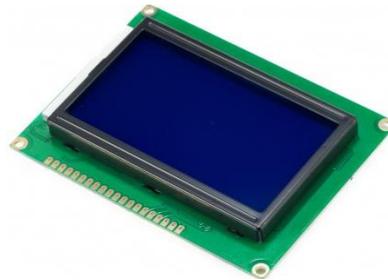
### 2.7.1. LCD 128X64

Las pantallas LCD nos permiten mostrar datos o información del proyecto a ejecutar, la misma que contiene un contraste variable, el LCD generalmente tiene color azul y con caracteres blancos (Het-Pro, 2017).

## Características

- Resolución: 128 pixeles de largo y 64 pixeles de ancho
- Controlador: **HJ12864ZW**
- Alimentación: 3.3V a 5V con un consumo de corriente de 250mA.

- Luz de fondo: Azul
- Velocidad de datos: 2Mhz
- Pantalla:3.2”
- Tamaño: 9.3 x 7.0 x 1.0 cm
- Peso: 80g



*Figura 7:* LCD grafico 128x64

***Fuente:*** (Het-Pro, 2017)

*Tabla 1. Descripción de pines LCD 128x64*

## **VER ANEXO 1**

### **2.7.2. LM2596 FUENTE AJUSTABLE**

Este circuito permite tener un voltaje regulado a partir de una fuente de alimentación con un voltaje mayor, es decir si tenemos una fuente de 12V, se la puede regular a 5V, 3.3V, 2.2V, etc., para el uso de microcontroladores, Arduino, PICs, Raspberry Pi, fuentes variables, drivers para leds, etc. (ELECTRONILAB).

Este módulo está basado en el Regulador DC-DC Step Down LM295 que es un circuito integrado monolítico adecuado para el diseño fácil y conveniente de una fuente de conmutación tipo Buck. Es capaz de conducir una corriente de hasta 3A.

Maneja una carga con excelente regulación de línea y bajo voltaje de rizado. Este dispositivo está disponible con voltaje de salida ajustable. El módulo reduce el uso de componentes externos para simplificar el diseño de fuentes de alimentación.

El módulo convertidor LM295 es una fuente de alimentación conmutada, así que su eficiencia es significativamente mayor en comparación con los populares reguladores lineales de tres terminales, especialmente con tensiones de entrada superiores (ELECTRONILAB).

### Características

- Basada en el Regulador LM296, salida entre 1,5 y 35Vdc
- Voltaje de entrada: 4.5-40V
- Voltaje de salida: Máxima 3A
- Dimensiones: 43\*20\*14mm
- Frecuencia de switching: 150Khz



Figura 8. LM295 fuente ajustable

*Fuente:* (ELECTRONILAB)

### 2.7.3. ARDUINO MEGA

Es una tarjeta de desarrollo open-source construida con un microcontrolador modelo Atmega2560 el mismo que posee pines de entradas y salidas (E/S), analógicas y digitales.

Posee 54 pines de entradas/salidas digitales (14 de las cuales pueden ser utilizadas como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertos serial por hw), cristal oscilador de 16Mhz, conexión USB, Jack de alimentación, conector ICSP, botón de reset.

También es compatible con la mayoría de los shields diseñados para Arduino Duemilanove, diecimila o UNO (Arduino.Cl, 2017).

#### Características:

- Microcontrolador ATmega 2560
- Voltaje Operativo: 5V
- Voltaje de entrada de 7-12V
- Voltaje de entrada (limites): 6:20V
- Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida: 40mA



tiempo. Además, frecuentemente los RTC incorporan algún tipo de batería que permite mantener el valor del tiempo en caso de pérdida de alimentación (Llamas, 2013). La comunicación para este modelo se realiza a través del bus I2C, por lo que es sencillo obtener los datos medidos. La tensión de alimentación es 4.5V a 5.5V

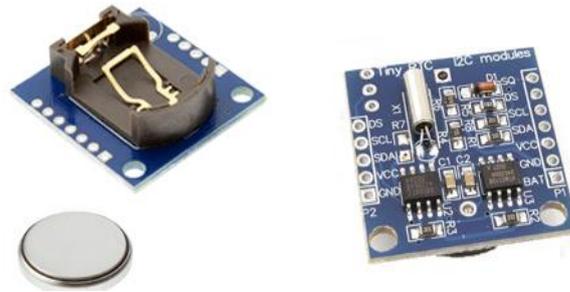


Figura 10. RTC 3231 (Reloj en tiempo Real)

Fuente: (Llamas, 2013)

### 2.7.5. MÓDULO WI-FI ETHERNET

El Arduino Ethernet Shield permite a una placa Arduino conectarse a internet. Está basada en el chip ethernet Wiznet W5100. El Wiznet W5100 provee de una pila de red IP capaz de TCP y UDP. Soporta hasta cuatro conexiones de sockets simultáneas. Usa la librería Ethernet para escribir programas que se conecten a internet usando la shield (Hacks, 2016).

Es compatible con el Arduino UNO y Arduino Mega.

El shield provee un conector ethernet estándar RJ45 y un conector lector de tarjeta Micro SD, el botón de reset en la shield resetea ambos, el W5100 y la placa Arduino.



Figura 11. Módulo Wi-Fi Ethernet

Fuente: (Hacks, 2016)

El shield contiene un número de Leds para información:

- PWR: indica que la placa y la shield están alimentadas
- LINK: indica la presencia de un enlace de red y parpadea cuando la shield envía o recibe datos.
- FULLD: indica que la conexión de red es full dúplex.
- 100M: indica la presencia de una conexión de red de 100 Mb/s (de forma opuesta a una de 10Mb/s).
- RX: parpadea cuando la shield recibe datos.
- TX: parpadea cuando la shield envía datos.
- COLL: parpadea cuando se detectan colisiones en la red.

### **2.7.6. SOFTWARE ARDUINO**

Es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. Esta plataforma permite crear diferentes tipos de microordenadores de una sola placa a los que la comunidad de creadores puede darles diferentes tipos de uso.

Para poder entender este concepto, primero vas a tener que entender los conceptos de hardware libre y el software libre. El hardware libre son los dispositivos cuyas especificaciones y diagramas son de acceso público, de manera que cualquiera puede replicarlos. Esto quiere decir que Arduino ofrece las bases para que cualquier otra persona o empresa pueda crear sus propias placas, pudiendo ser diferentes entre ellas, pero igualmente funcionales al partir de la misma base.

El software libre son los programas informáticos cuyo código es accesible por cualquiera para que quien quiera pueda utilizarlo y modificarlo. Arduino ofrece la plataforma Arduino IDE (Entorno de Desarrollo Integrado), que es un entorno de programación con el que cualquiera puede crear aplicaciones para las placas Arduino, de manera que se les puede dar todo tipo de utilidades (Xataka, 2018).



Figura 12. a) Software Arduino b) pantalla de inicio

Fuente: (Xataka, 2018)

## 2.8. RADIOENLACE

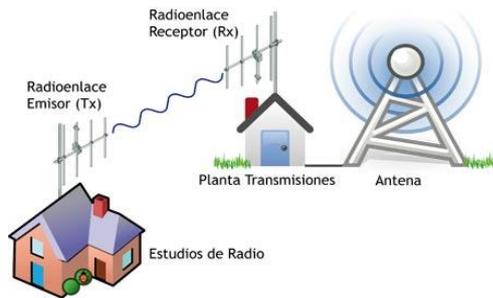
Se denomina radio enlace a cualquier interconexión entre los terminales de telecomunicaciones efectuados por ondas electromagnéticas. Además, si los terminales son fijos, el servicio se lo denomina como tal y si algún terminal es móvil, se lo denomina dentro de los servicios de esas características (Company, 2016).

Se puede definir al radio enlace del servicio fijo, como sistemas de comunicaciones entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de información, con características de calidad y disponibilidad determinadas. Típicamente estos enlaces se explotan entre los 800 MHz y 42 GHz (Company, 2016).

Los radioenlaces, establecen un concepto de comunicación del tipo dúplex, de donde se deben transmitir dos portadoras moduladas: una para la Transmisión y otra para la recepción. Al par de frecuencia asignadas para la transmisión y recepción de las señales, se lo denomina radio canal (Company, 2016).

Los enlaces se hacen básicamente entre puntos visibles, es decir, puntos altos de la topografía.

Cualquiera que sea la magnitud del sistema de microondas, para un correcto funcionamiento es necesario que los recorridos entre enlaces tengan una altura libre adecuada para la propagación en toda época del año, tomando en cuenta las variaciones de las condiciones atmosféricas de la región (Comunicaciones, 2016).



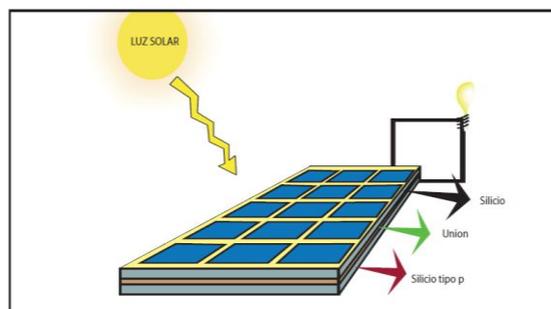
*Figura 13. Radioenlace*

**Fuente:** (Comunicaciones, 2016)

## 2.9. PANEL SOLAR: ENERGÍA SOLAR COMO FUENTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La transformación en energía eléctrica de la radiación solar está basada en el fenómeno físico denominado 'efecto fotovoltaico', que básicamente consiste en convertir la luz solar en energía eléctrica por medio de unos dispositivos semiconductores denominados células fotovoltaicas. Estas células están elaboradas a base de silicio puro (uno de los elementos más abundantes, componente principal de la arena) con adición de impurezas de ciertos elementos químicos (boro y fósforo), y son capaces de generar cada una corriente de 2 a 4 amperios, a un voltaje de 0,46 a 0,48 Voltios, utilizando como fuente la radiación luminosa<sup>1</sup>, como lo muestra la (Figura 14) (CONELEC).

Las células se montan en serie sobre paneles o módulos solares para conseguir un voltaje adecuado. Parte de la radiación (insolación) incidente se pierde por reflexión (rebota) y otra parte por transmisión (atraviesa la célula). El resto es capaz de hacer saltar electrones de una capa a la otra creando una corriente proporcional a la insolación incidente. Una capa antirreflejo aumenta la eficacia de la célula (CONELEC).



*Figura 14. Efecto fotovoltaico*

**Fuente:** (CONELEC)

### 2.9.1. SISTEMA FOTOVOLTAICO

Un sistema fotovoltaico es un dispositivo que, a partir de la insolación, produce energía eléctrica en condiciones de ser aprovechada por el hombre. (CONELEC)

Estos dispositivos tienen una vida útil aproximadamente de 25 años, a partir del cual la eficiencia empieza a disminuir.

Los sistemas fotovoltaicos traen consigo varias ventajas como ser una tecnología aceptada internacionalmente con altos índices de confiabilidad y limpia con el ambiente. Además, presenta costos bajos de operación y mantenimiento, aunque su coste de implementación sea elevado (CONELEC).

El sistema consta de los siguientes elementos:

- Un **generador solar**, compuesto por un conjunto de paneles fotovoltaicos, que captan la insolación luminosa procedente del sol y la transforman en corriente continua a baja tensión (12 o 24 V).
- Un **acumulador**, que almacena la energía producida por el generador y permite disponer de corriente eléctrica fuera de las horas de luz o días nublados (CONELEC).
- Un **regulador de carga**, cuya misión es evitar sobrecargas o descargas excesivas al acumulador, que le produciría daños irreversibles; y asegurar que el sistema trabaje siempre en el punto de máxima eficiencia (CONELEC).
- Un **inversor** (opcional), que transforma la corriente continua de 12 o 24 V almacenada en el acumulador, en corriente alterna de 230 V (CONELEC).
- Una instalación solar fotovoltaica sin inversor, utiliza una tensión de 12Vcc.
- Una instalación solar fotovoltaica con inversor, utilización a 220 Vca.
- Una vez almacenada la energía eléctrica en el acumulador hay dos opciones: sacar una línea directamente de éste para la instalación y utilizar lámparas y elementos de consumo de 12 o 24 Vcc o bien transformar la corriente continua en alterna de 220 V a través de un inversor.



Figura 15. Esquema de un sistema solar fotovoltaico

Fuente: CEMAER, 2012

La insolación, la potencia solar, así como muchas otras variables pueden medirse en diversos tipos de unidades. En la siguiente tabla se da una visión general de las diferentes unidades comúnmente utilizadas y se dan sus factores de conversión.

Tabla 2: Unidades utilizadas en energía solar fotovoltaica

UNIDAD	EXPLICACIÓN	CONVERSIÓN
<b>Potencia Solar</b>		
Wp	Vatio pico	-
W	Vatio	-
KW	Kilovatio (1000 w)	-
$W/m^2$	Vatio por metro cuadrado	-
<b>Energía Solar</b>		<b>A <math>kWh/m^2</math></b>
$kWh/m^2$	kWh por metro cuadrado	1
$kJ/cm^2$	kJ por centímetro cuadrado	2,778
$MJ/m^2$	MJ por metro cuadrado	0,2778
$Kcal/cm^2$	1000 calorías por centímetro cuadrado	11,67
$BTU/ft^2$	Unidades Térmicas Británicas por metro cuadrado	0,0428
Langley	Caloría por centímetro cuadrado	0,0116

**Importante.** Cuando adquirimos un módulo FV, lo que se necesita indicar al proveedor es únicamente la potencia necesaria. La potencia eléctrica de un módulo FV se expresa en Watt Pico (Wp). Esta potencia indica que, en un día despejado y soleado, (aproximadamente a las 12:00 mediodía), un módulo de 50 Wp produce 50 W a luz solar plena, sin importar su ubicación geográfica. Es claro que el fabricante garantizar ese valor.

## 2.9.2. ALGUNAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ECUADOR

El Ecuador es un país con características topográficas muy variadas, de gran diversidad climática y condiciones únicas que le confieren un elevado potencial de energías renovables y limpias, las cuales no pueden quedar al margen del inventario de los Recursos Energéticos para Producción Eléctrica, pues las condiciones de cobertura y satisfacción de la demanda que se presentan en la actualidad, demuestran un estrecho vínculo especialmente con la electrificación y energización rural (CONELEC).

El calor recogido en los colectores se puede destinar a satisfacer numerosas necesidades de la colectividad y la industria, como calefacción, refrigeración y hornos; para fines agrícolas se puede obtener secadores, plantas de purificación o desalinización de agua (CONELEC). Casi toda la energía disponible en el planeta tiene tres fuentes fundamentales: el sol en forma directa o indirecta; combustibles fósiles, petróleo carbón y energías alternativas biomasas, vientos etc. (CONELEC).

La energía solar que se recibe en la superficie de la Tierra se ha calculado y equivale a 178.000 TW-año (CONELEC). En 1990 se calculó esta cantidad, demostrando que era 15.000 veces mayor que el consumo global. No obstante, cerca del 30% de esta energía es reflejada hacia el espacio, 50% es absorbida convertida en calor y reenviada a la superficie terrestre. De este 50%, 49.000 TW-año son reenviados como energía calorífica bajo la forma de radiación electromagnética y 40 000 TW-año como energía calórica propiamente dicha (CONELEC).

Las estimaciones del potencial de las energías renovables (biomasa primaria, energía solar, energía hidráulica, energía eólica y energía geotérmica) muestran que su contribución se multiplicará por diez, pudiendo llegar hasta 10 o 15 TW-año. Este crecimiento de las energías renovables dependerá sobre todo de sus costos, de los impuestos a las energías no renovables y de las políticas energéticas (CONELEC).

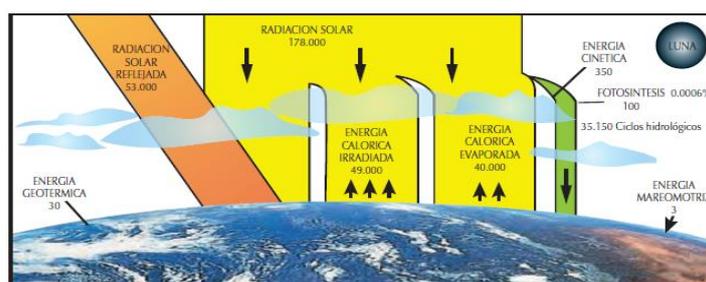


Figura 16. Energía que ingresa a la tierra en promedio cada año expresada en Tera vatios-año (TW-año). Según Davis Ged, 1990

Fuente: Atlas de Insolación - CIE, 2008

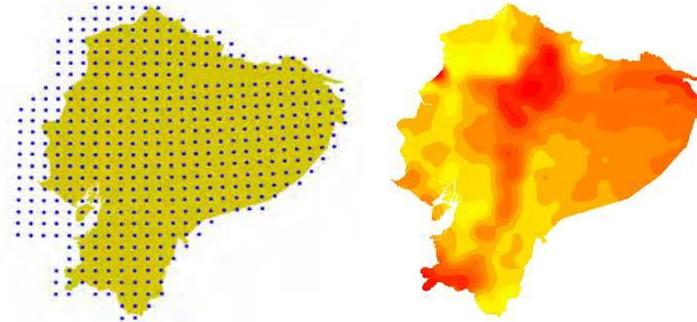


Figura 17: a) Red nrel de puntos. b) Grilla de insolación solar.

Fuente: Atlas de Insolación- CIE, 2008

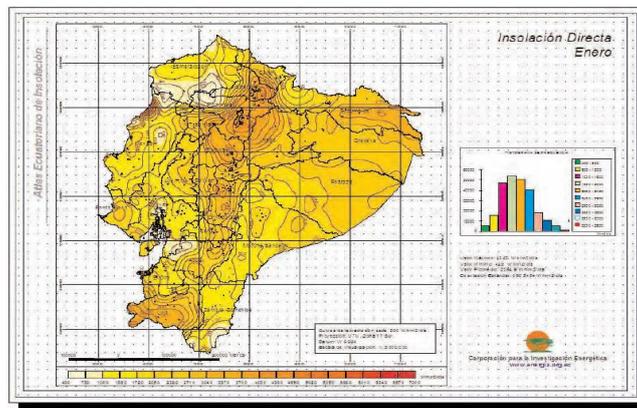


Figura 18. Mapa solar del Ecuador

Fuente: Atlas de Insolación - CIE, 2008

## 2.10. ENERGIA SOLAR

La radiación solar llega a nuestro planeta de tres formas distintas:

### 2.10.1. RADIACIÓN DIRECTA

La radiación que llega directamente del Sol, sin haber incidido con nada por el camino, por tanto, sin haberse desviado ni cambiado de dirección. Esta radiación es la que produce las sombras, es el tipo de radiación predominante en un día soleado (Julieta C. Schallenberg Rodriguez, 2008).

### 2.10.2. RADIACIÓN DIFUSA

La radiación que llega después de haber incidido con cualquier elemento de la atmósfera (polvo, nubes, contaminantes, etc.), por lo que ha cambiado de dirección. Es el tipo de radiación predominante en un día nublado (Julieta C. Schallenberg Rodriguez, 2008).

### 2.10.3. RADIACIÓN REFLEJADA

La radiación reflejada por la superficie terrestre; cobra importancia en las zonas con nieve, agua (como cerca del mar o de una presa) o cualquier otra zona donde la reflexión sea importante (Julieta C. Schallenberg Rodriguez, 2008).

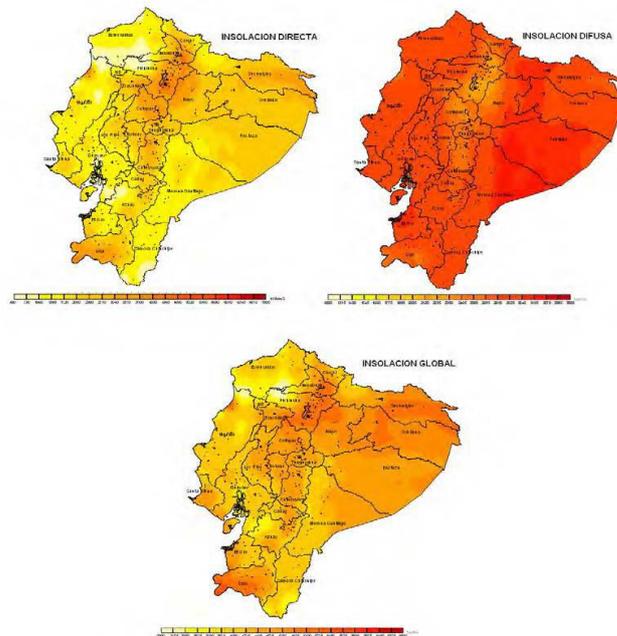


Figura 19. Insolación en el mes de abril:

a) Directa, b) Difusa, c) Global

Fuente: Atlas de Insolación - CIE, 2008

### 2.11. MEDICIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR

Los dos métodos que caracterizan a la radiación solar son la irradiancia y la insolación.

La irradiancia es una densidad de potencia instantánea en unidades de  $[W/m^2]$ , varía a lo largo del día desde 0 a un máximo de aproximadamente 1000 dependiente de la ubicación y el clima local (CONELEC).

El instrumento que se utiliza para medir la irradiancia es el pirómetro, el cual se basa en exponer a radiación, a una lámina metálica con una superficie reflectante y junto a ella, otra superficie es absorbente, la lámina absorbente estará más caliente que la reflectante y admitiendo que la diferencia de temperaturas es proporcional a la radiación recibida, al medir este salto térmico se determina la irradiancia. Para medir esta diferencia de temperaturas se utiliza un termopar (B.L, 2004).



Figura 20. Paneles Solares

Fuente: El Autor

### 2.11.1. RADIACIÓN SOLAR PROMEDIO DEL ECUADOR

El Ecuador es un país con características topográficas muy variadas, de gran diversidad climática y condiciones únicas que le confieren un elevado potencial de energías renovables y limpias, las cuales no pueden quedar al margen del inventario de los recursos energéticos para producción eléctrica, pues las condiciones de cobertura y satisfacción de la demanda que se presentan en la actualidad, demuestran un estrecho vínculo especialmente con la electrificación y energización rural. (CONECEL, 2008, pág. 13).

En la figura 21, se indican los valores promedios de la insolación difusa de todos los meses del año.

Tabla 3. Insolación difusa promedio en el Ecuador

(VER ANEXO 2).

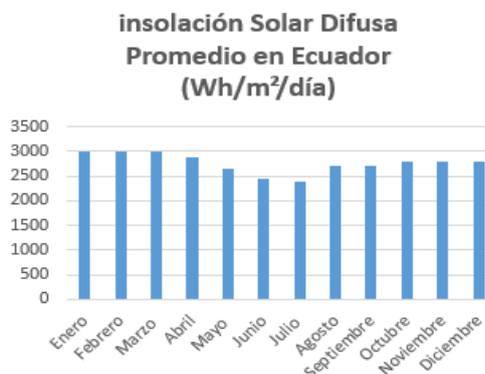


Figura 21. Insolación en Ecuador

Fuente: (CONECEL, 2008)

## **CAPÍTULO III**

### **3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Esta tesis es de tipo experimental puesto que se implementó un sistema de adquisición de datos ambientales con el fin de evaluar los datos mediante el análisis estadístico multivariado, determinando correlaciones entre variables ambientales.

#### **3.2.UNIDAD DE ANÁLISIS**

##### **3.2.1. POBLACIÓN DE ESTUDIO**

La población estará integrada por los datos que se han de recolectar con respecto a las variables ambientales en un lapso de un año

##### **3.2.2. TAMAÑO DE LA MUESTRA**

Se tomó una muestra no aleatoria que consistió en los datos ambientales del mes de abril

#### **3.3.TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN**

##### **3.3.1. OBSERVACIÓN**

En este proyecto se empleó la técnica de la observación que parte de una premisa, <<*una cosa es la realidad y otra la percepción*>>. La técnica consiste en observar de forma sistemática cualquier hecho, fenómeno que se produzca, en función de los objetivos de investigación preestablecidos. En este proyecto se ven:

- un patrón de comportamiento de las variables ambientales en función del tiempo.
- el almacenamiento de la información en una base de datos.
- y por último el monitoreo en tiempo real.

##### **3.3.2. FUENTES DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN**

El trabajo de investigación obtuvo información de fuentes primarias y secundarias que contenían información confiable. Como ejemplo de este tipo de fuentes tenemos: textos, revistas científicas, documentos y artículos publicados, tesis, web etc. Contamos además con información en la Web, puesto que el internet que es una herramienta con avances diarios que nos ayuda a acceder a un mayor número de datos e información de valiosa

utilidad para el análisis metodológico y científico. Toda la información recolectada de este tipo de fuentes tiene su respectiva referencia.

### 3.4. INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

En los instrumentos de la investigación se tienen: procedimientos experimentales y análisis de documentos. En el análisis de documentos: revisión bibliográfica y artículos científicos publicados, el diseño del sistema de adquisición de datos, y los diversos procedimientos experimentales para la construcción de este sistema.

### 3.5. HIPÓTESIS

Permitirá mejor el mejor aprovechamiento de las fuentes de captación de agua dulce mediante un monitoreo constante de la fuente, a través del comportamiento de las variables temperatura, humedad, presión atmosférica.

#### 3.5.1. OPERALIZACIÓN DE VARIABLES.

Tabla 4. Operacionalización de variables

VARIABLES	CONCEPTO	INICADORES	INSTRUMENTOS TÉCNICOS
<p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Permitirá mejor el mejor aprovechamiento de las fuentes de captación de agua dulce mediante un monitoreo constante de la fuente, a través del comportamiento de las variables temperatura, humedad, presión atmosférica.</p>	<p>Analizar y propagar estadísticamente los datos adquiridos por el sistema para la toma de decisiones futuras.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paquetes enviados y recibidos.</li> <li>• Análisis estadístico de los datos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Módulos de implementación y recepción</li> <li>• Software SPSS</li> </ul>
<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>Diseño e Implementación del sistema de Adquisición de datos ambientales.</p>	<p>Implementar el sistema de Adquisición de datos en la piscina de estudio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño del dispositivo funcional.</li> <li>• Dispositivo armado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arduino</li> <li>• Datasheets</li> </ul>

### **3.6.PROCEDIMIENTOS**

Para el desarrollo del sistema de adquisición de datos ambientales se siguieron algunos pasos, los mismos que permitieron conocer el alcance del prototipo y así llegar a cumplir cada uno de los objetivos planteados, además permitieron conocer el orden cronológico del diseño y funcionamiento del sistema.

A continuación, se detalla el procedimiento seguido para la elaboración del sistema de adquisición de datos ambientales.

- Reunión con los representantes de Ecosur, para fijar los objetivos y alcances del proyecto dos veces por mes. .
- Acercamiento con los líderes de la comunidad de Valparaíso (Creadores y Administradores de las piscinas ancestrales en Yanarumi).
- Tramite y gestión por escrito solicitando permisos de acceso a las piscinas (Con la colaboración de la escuela de tecnologías de información de la Unach **VER ANEXO 5**).
- Primera Visita In Situ a las piscinas de Yanarumi para determinar las ubicaciones, georreferenciadas de las piscinas topografía y acceso.
- Elección de una de las piscinas como objeto de estudio y para la colocación de los sensores.
- Revisión y recolección de información de fuentes Bibliográficas y artículos científicos para el diseño de sistemas de adquisición de datos.
- Diseño del sistema de adquisición de datos, en función de la forma y características ambientales de la piscina de estudio; del número de sensores, y del presupuesto asignado por Ecosur.

#### **3.6.1. SOCIALIZACION CON LOS REPRESENTANTES DE LA PARROQUIA VALPARAISO EN CONJUNTO CON LOS MIEMBROS DE LA FUNCACIÓN ECOSUR**

La comunidad de Valparaíso perteneciente al Cantón Guano de Provincia de Chimborazo en conjunto con la **Red EcoSur** centro dedicado a la investigación e intercambio de conocimientos que incluye a ONGs, organizaciones de base y centros de investigación en Universidades de América Latina, Europa y Estados Unidos, se ha

visto necesario la realización de este proyecto persiguiendo como objetivo el monitoreo periódico de la fuente de captación agua dulce, realizando un análisis con los datos obtenidos y sacando conclusiones futuras para su correcto tratamiento, control y almacenamiento.



Figura 22. a) Dialogo con los miembros de la comunidad Valparaíso b) Representante de Ecosur

*Fuente: Autor*

Para ello se realizaron múltiples visitas in-situ al lugar denominado Yanarumi, con la finalidad de determinar el lugar más adecuado para proceder con la instalación de la mini estación meteorología con proyecciones futuras a convertirse en la primera estación meteorología completa de la provincia de Chimborazo, para ello se eligió una de las siete piscinas de captación de agua dulce, determinando la que posee mejores cualidades para su estudio, la piscina denominada “San Carlos”, fue la que mostraba mayores prestaciones para su estudio, a continuación se muestra la ubicación de la mini – estación meteorológica **VER ANEXO 3.**

Luego de haber determinado el lugar a instalar la mini estación meteorológica, se detalló mediante un diagrama el proceso a realizar, para la construcción de la mini estación meteorológica.

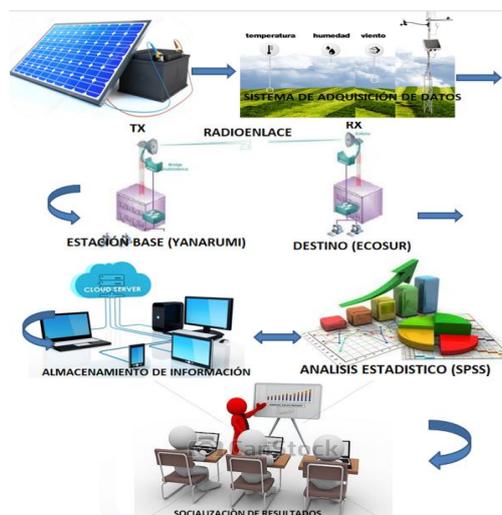


Figura 23. Esquema general del sistema de adquisición de datos ambientales

*Fuente: El Autor*

la figura 23 detalla, el proceso que se siguió luego de haber determinado el lugar más idóneo para la instalación de la mini estación meteorológica, para ello se implementó tres fases:

- Dimensionamiento del Panel Fotovoltaico
- Dimensionamiento del Radio enlace
- Diseño y construcción del sistema de adquisición de datos ambientales.

### **3.7.DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO**

#### **3.7.1. DISEÑO DEL SISTEMA**

Se realizó el dimensionamiento del sistema fotovoltaico mediante una serie de procesos de cálculo que logran optimizar el uso y la generación de la energía eléctrica de origen solar, realizando con un balance adecuado entre ellas, desde los puntos de vista técnico y económico.

El primer aspecto que debemos considerar a la hora de realizar el diseño es el consumo racional de la energía.

Para conocer cuánta energía eléctrica se requiere en el objetivo a electrificar, se deben tener en cuenta las características eléctricas de los equipos a alimentar y el tiempo de empleo por parte del usuario del sistema. Es decir, se hace necesario conocer o estimar la corriente y la tensión o voltaje de trabajo de los equipos instalados y el número de horas diarias de trabajo, teniendo en cuenta las posibles ampliaciones que en el futuro se hagan en la instalación proyectada.

Un sistema FV puede abastecer a cualquier artefacto eléctrico. La tabla 5 muestra el consumo promedio de energía que registran los más utilizados.

*Tabla 5. Consumo de datos promedio de energía en [W]*

<b>ARTEFACTO</b>	<b>REQUERIMIENTO DE POTENCIA</b>
Lampara ahorradora	8 -23
Tubo fluorescente	15-40
Foco (Bombilla) incandescente	25-100
Radio tocacintas	12-30
Televisor pequeño b/n	15
Televisor pequeño a color	40
Computadora pequeña	150
Refrigerador	100-400

Horno microondas	1000
Calentador Eléctrico	1500
Unidad de aire acondicionado	1500

### 3.7.2. EL CONSUMO DE ENERGÍA, DEMANDA PROMEDIO

Para cuantificar el consumo promedio de energía de un artefacto sólo hay que multiplicar y sumar. Supongamos que una radio utiliza 10 W y permanece encendida por 8 horas, entonces su consumo de energía durante ese tiempo es 10 por 8 horas = 80 Wh = 0,080 kWh. La siguiente tabla muestra un ejemplo de este cálculo.

Tabla 6. Ejemplo, Calculo de Energía [W]

ARTEFACTO	POTENCIA W	USO HORAS/DIAS	ENERGIA Wh/d
Televisor pequeño a color	40	5	200
Refrigerador	300	12	3600
(10) lámparas ahorradoras	20	6	1200
Tocacintas	5	4	20
<b>TOTAL</b>			<b>5020</b>

En el ejemplo anterior, el requerimiento de energía es de 5020 Wh por día  $\approx$  5 kWh. Esto nos permite conocer las cargas en corriente continua.

Esto equivale a una potencia de consumo promedio de (dividir entre 24 h):

$$P = 5020 \text{ Wh}/24h = 209 \text{ W}$$

### 3.7.3. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO A IMPLEMENTAR MES ABRIL

A continuación, presentamos el diseño resuelto a partir de una metodología que facilitó el diseño del Sistema Fotovoltaico.

La mini estación meteorológica se encuentra situada a las afueras del cantón Guano, Provincia de Chimborazo (Punto denominado Piscinas ancestrales de “**Yanarumi**”, con coordenadas (1°31'39” S 78°37'38” O).

En este sitio no se dispone del servicio eléctrico o de cobertura de telefonía móvil y debido a su alejamiento del centro poblado más cercano, se ha decidió como opción

más rentable el uso de módulos FV (Fotovoltaicos) para cubrir las necesidades energéticas del mismo.

Un estudio detallado de la radiación solar local registra una insolación difusa promedio anual de 3103,11 kWh/m<sup>2</sup>/día (basados en el mes de febrero), valor obtenido a través de la información del “Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica” al dividirlo entre 1 000, pues las unidades de insolación del Atlas se encuentran en Wh/m<sup>2</sup>/día.

### Características del sistema

En la mini estación meteorológica existen las siguientes cargas:

1 antena Transmisora Ubiquiti LHG

1 Router MikroTik 20W (Corriente continua de 12V).

1 cámara Ip 20W (Corriente continua de 12V).

1 Arduino Mega 0,25W (Corriente continua 5V).

1 Modulo Shield Ethernet 0,25W (Corrientes continua 5V).

1 LCD 128x64 1,25W (Corriente continua 5V).

1 LM2596 fuente ajustable 0,75W (Corriente continua 5V).

1 modulo Reloj en Tiempo Real RTC3231 0,6 W (Corriente continua 5V).

1 sensor de Flujo 0,75W (Corriente continua 5V).

1 sensor de Temperatura/Humedad 0,05W (Corriente continua 5V).

1 sensor Presión Atmosférica 0,6W (Corriente continua 5V).

Los tiempos de uso de estas cargas por día son:

*Tabla 7.* Tiempos de consumo por día

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tiempo de consumo (horas)</b>
1	Router MikroTik	24 h
1	Antena Transmisora Microtic LH5G	24 h
1	Cámara Ip	24 h
1	Arduino Mega	24 h
1	Modulo Shield Ethernet	24 h
1	LCD 128x64	24 h
1	LM2596 fuente ajustable	24 h

1	Modulo Reloj en Tiempo Real	24 h
1	Sensor de Flujo	24 h
1	Sensor de Temperatura/Humedad	24 h
1	Sensor Presión Atmosférica	24 h

Para el cálculo de los paneles solares, se utilizaron con módulos monocristalinos *ARGONY* de 300 W, que son los más eficientes del mercado local.

**Corriente máxima del sistema** (pico): 5 A

**Tensión Nominal:** 12 V

Para el cálculo de las baterías, se tomó como modelo de partida la batería *FIRST POWER* dando está un excelente resultado.

Según la nubosidad de la localidad estudiada, se consideró suficiente tomar el valor de 3 días de autonomía para las baterías.

Para el cálculo de la unidad de control, la mejor elección fue la marca *SAKO MQTT*, que posee modelos con intensidades de 10 en 10 Amperios.

No se implementó ningún inversor debido a que todos los equipos a emplear no superan los 12 V.

*Tabla 8. Determinación de las cargas en corriente continua (12V CC)*

ARTEFACTO CC	A1 CANTIDAD	A2 POTENCIA (W)	A3 USO (horas/días)	A4 ENERGIA Wh/día
Antena Transmisora LHG	1	10	24	240
Router MikroTik	1	10	24	240
Cámara IP	1	5	24	120

*Tabla 9. Determinación de las cargas en corriente continua (5V CC)*

ARTEFACTO CC	A1 CANTIDAD	A2 POTENCIA (W)	A3 USO (horas/días)	A4 ENERGIA Wh/día
Arduino Mega	1	0.2	24	4,8
Modulo Shield Ethernet	1	0,25	24	6
LCD	1	1,25	24	1,25
LM2596 fuente ajustable	1	0,75	24	18
Sensor de Temperatura/Humedad	1	0,05	24	1.2

Sensor Presión Atmosférica	1	0,6	24	14,5
Sensor de Flujo	1	0,75	24	18
Modulo Reloj en Tiempo Real	1	0,6	24	14,4

A5. Carga CC total diaria (Sumar columna A4): **676,95 Wh/día**

A6. Carga máxima pico  $A1 \times A2 = 20$  **Vatios**

### **CORRIENTE PICO EN EL MÓDULO**

B1: Carga diaria CC (A5) = **676,95 Vatios/hora/día**

B2: Tensión CC del sistema **12V**

B3: Carga diaria corriente CC (B1 / B2) = (1506,1 vatios/hora/día) / 12 V = **56,41 Ah**

B4: Factor de seguridad (pérdidas del sistema) = **1,2**

B5: Carga corriente corregida = 56,41 Ah \* 1,2 = **67,69 Ah**

B6: Radiación solar: **3,1 kWh/m<sup>2</sup>**

*Recuerde que las unidades en el Atlas son kWh/m<sup>2</sup>/día.*

B7: Corriente pico del sistema (B5 / B6) = **67,69 Ah / 3,1 kWh/m<sup>2</sup> = 21,84 A**

### **DIMENSIONAMIENTO DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO**

C1: Corriente pico del sistema (B9) = **21,84 A**

C2: Corriente pico (ver información del catálogo) = **5**

C3: Arreglo de módulos (C1 / C2) = **4,36**

C4: (Redondear C3): Arreglo de módulos en paralelo = **4**

C5: Tensión CC nominal del sistema (B2) = **12 v**

C6: Tensión CC nominal del módulo (Ver información del catálogo) = **12 v**

C7: (C5 / C6) = 12/12 = **1**

C8: Número total de módulos (C4 x C7) = 4 x 1 = **4**

### **D. DIMENSIONAMIENTO DEL BANCO DE BATERÍAS**

D1: Carga CC total diaria (B1) = **676,69 Ah**

D2: Días de reserva (emplear de 1 a 5 días máximo) = **5 días**

D3: Capacidad nominal banco de baterías (D1 x D2) = **338,45 Ah**

D4: Profundidad de descarga (menor de 1.00) = **0,6**

D5: Capacidad corregida banco de baterías (D3 / D4) =  $338,45 / 0,6 = 564,08 \text{ Ah}$

D6: Capacidad nominal de la batería (Ver información del catálogo): **100 Ah**

D7: Arreglo de baterías en paralelo (D5 / D6) =  $424/105 = 5,64$

D8: Arreglo de baterías en paralelo (Redondear D7) = **6**

D9: Tensión CC nominal del sistema (B4) = **12 v**

D10: Tensión CC nominal de la batería (Ver información del catálogo): **12 v**

D11: Número de baterías en serie (D9 / D10) = **1**

D12: Número total de baterías (D8 x D11) =  $6 \times 1 = 6$

### **CAPACIDAD DE LA UNIDAD DE CONTROL**

E1: Corriente pico del sistema (C1): **21,84 Ah**

*Nota: Si se pensará ampliar el sistema en el futuro, la unidad de control deberá ser de mayor capacidad.*

### **3.7.4. MODULO FOTOVOLTAICO**

Los módulos fotovoltaicos son una de las partes más importantes de cualquier proyecto en las zonas rurales debido a que estos tienen la fundamental tarea de proveer el suministro de energía eléctrica a los diversos equipos, empleando como fuente la energía solar. Es de suma importancia elegir el panel con las mejores prestaciones, algunos estudios demuestran que el 50% de incidencias en una instalación fotovoltaica, son causados por paneles solares de calidad ineficiente (Fields, s.f.).

Las tecnologías solares (sistema solar térmica y sistema solar fotovoltaico) según el estado del arte se proyectan como unas de las energías renovables más prometedoras en la actualidad. Estas son energías limpias, inagotables, de fácil implementación, no generan residuos y contribuyen con grandes beneficios ambientales como la reducción de las emisiones de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera, disminución del uso de combustibles fósiles no produce contaminación auditiva (Fields, 2017).

La tarea más importante es la elección de un panel solar de buena calidad, lo que repercute en un mejor rendimiento, ausencia de problemas (menor gasto en mantenimiento) y un valor añadido al propietario final de ese sistema de autoconsumo.

Por lo antes descrito se empleó un panel solar fotovoltaico de marca Argony de 300W la misma que presenta las siguientes características:

Altura Media = 1.5m 1000W / m<sup>2</sup>

Temperatura de Operación 25<sup>°</sup> C

Potencia máxima (P Max) 300W

Tolerancia de salida ± 3%

Corriente con Pmax (Imp) = 8,36 A

Voltaje con Pmax (VMP) =36V

Corriente de cortocircuito (ISC) =9,35 A

Tensión de circuito abierto (Voc) =45,20

Voltaje máximo del sistema adecuado para panel dc= 24v

Dimensión 1950X990X40mm

### **3.7.5. ORIENTACIÓN DEL PANEL SOLAR**

Una buena inclinación, con respecto a la horizontal local, para maximizar la captación de la radiación solar es la latitud del lugar de emplazamiento, un poco más 5 °.

Los valores óptimos en el Ecuador van teniendo cierta tendencia de inclinación hacia 0 °. Sin embargo, no llegan a este valor sino aproximadamente a 3 °. Se recomienda no usar esa inclinación sino más bien dejarlas en un rango de 5 ° - 10 ° como máximo por motivo de limpieza de los módulos, lo cual también va a depender de las precipitaciones y las condiciones climáticas de lugar de emplazamiento (Valarezo, 2017).

### **3.7.6. PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO**

Luego de haber realizado el dimensionamiento respectivo para proveer de energía a los diferentes equipos a emplear se utilizaron los siguientes componentes.

- Modulo Fotovoltaico de 300 W
- Controlador de Carga MQTT
- Batería de 100 AH



Figura 24 .a) Panel Fotovoltaico b) Características de Operación c) Estructura para el panel Fotovoltaico d) Orientación del panel fotovoltaico

*Fuente: El Autor*

### 3.7.7. CONTROLADOR DE CARGA

Se empleó el controlador solar de carga más eficiente disponible en el mercado, en la marca SAKO MQTT, por tener características de tecnología real de carga con una alta eficacia, y sus características ahorrativas del 20%

#### Características

- Corriente Máxima: 120A
- Uso: Controlador de sistema solar
- Voltaje de entrada (VDC): 12 V 24 V Auto o 48 V
- Eficiencia de carga: > 96.8%
- MPPT la eficiencia: > 99%
- Cargador Solar actual: 120A
- Potencia máx. de entrada P. V.: 7200 W
- Max tensión de entrada: 150VDC
- Pantalla: LED + LCD
- Voltaje nominal: 12 V 24 V Auto o 48 V
- Clase de protección: IP20
- Certificación: CE ISO9001 ISO14000

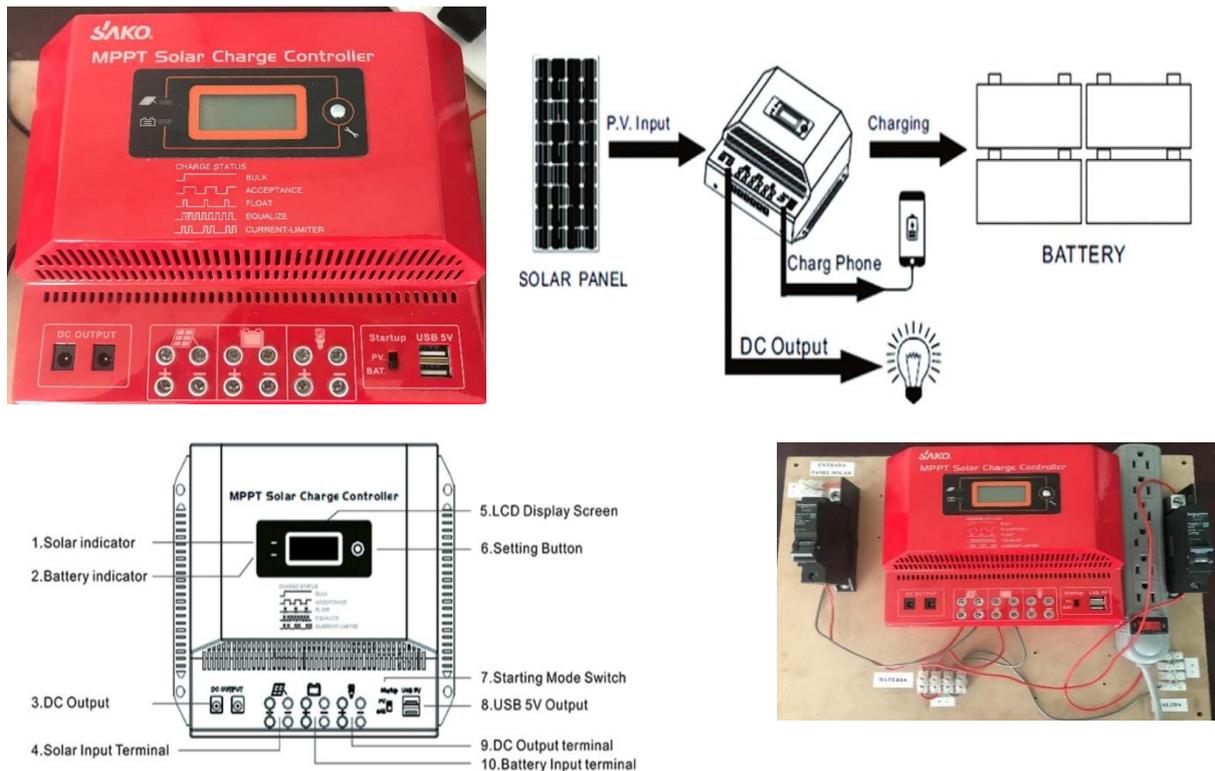


Figura 25: a) Controlador de Carga b) Diagrama de conexión c) Indicadores de conexión d) Circuito de Control

*Fuente: El Autor*

### 3.7.8. BANCO DE BATERÍAS

Una batería es la parte central para todos los sistemas fotovoltaicos aislados: debe ser capaz de almacenar toda la energía generada a través de los paneles solares o aerogeneradores y luego suministrar dicha energía - primordialmente durante la noche y sin mayores pérdidas. Estos ciclos de carga / recarga con el tiempo reducen la vida útil de la batería. Por esto la batería es la única componente que con el tiempo deberá ser reemplazada en el sistema fotovoltaico (Proviento, 2018).

Para proveer de energía a los diversos equipos se empleó una Batería First Power LFP12100(12V/100aH/10hr) debido a que poseen excelentes características de operación.

#### Características

- No derramables
- Operación sellada y sin mantenimiento
- Alta calidad y alta fiabilidad
- Recuperación excepcional de descarga profunda
- Baja auto descarga

- Larga vida útil 10-12 años
- Terminales de cobre sólido
- Placas en forma de tanque
- Diseño y fabricación asistidos por ordenador.



Figura 26. Batería First Power LFP 12100(12V 100Ah/10Hrs)

*Fuente: El Autor*

### **3.8.DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO Y PCB PARA SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.**

El sistema de adquisición de datos está compuesto por:

- 1 sensor de temperatura y humedad DTH21
- 1 sensor de presión BMP 180
- 1 sensor para medir caudal (Este sensor se colocará en el sumidero de la piscina).
- 1 Arduino Mega
- 1 Shield Ethernet
- Fuentes regulables

#### **3.8.1. DISEÑO DEL REGULADOR DE VOLTAJE PARA EL CIRCUITO.**

Para el correcto funcionamiento de los módulos se utilizaron reguladores de voltaje con la finalidad de proporcionar energía regulada a los diversos equipos y lo más importante, evitar sobrecargas y caídas de tensión a los diferentes módulos, lo cual implicaría un retardo y eventualmente la pérdida en la transmisión de datos.

### 3.8.2. DISEÑO DE LA FUENTE DE 5 V

Se diseñó una fuente de 5V empleando un diodo rectificador en caso de que, al momento de conectar con una polaridad equivocada, existan cortocircuitos y posiblemente daños a la placa. también se empleó un Regulador de voltaje LM2596, cuyo objetivo es regular la tensión y de esta manera alimentar al módulo shield Ethernet.

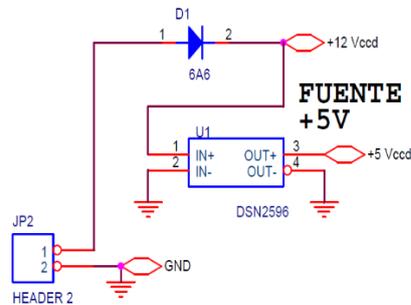


Figura 27 . Diseño de la Fuente de 5v

Fuente: El Autor

### 3.8.3. DISEÑO DE LA FUENTE DE 8 V

Se diseñó además una fuente de 8v con el objetivo de proporcionar energía al Arduino Mega. Esta energía al ingresar al Arduino realiza el proceso de regulación de la tensión y el Arduino queda energizado con los 5v, para su funcionamiento.

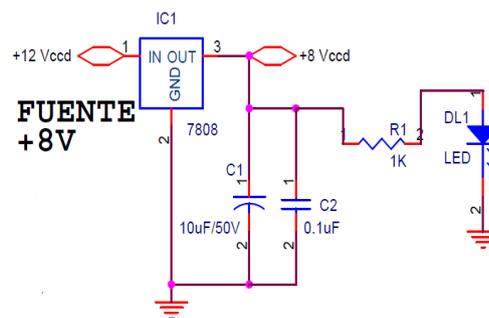


Figura 28. Diseño de la Fuente de 8v

Fuente: El Autor

### 3.9. PROTOCOLOS DE PROGRAMACIÓN EMPLEADOS

La programación se realizó con el software *Arduino*, debido a que este software cuenta con librerías que son de fácil manejo.

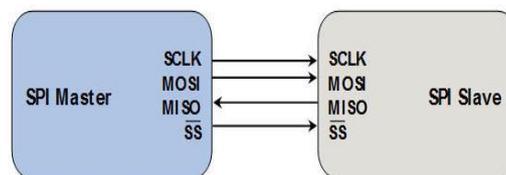
### 3.9.1. BUS SPI

Es una de las principales formas de comunicación disponibles en Arduino porque que este bus tiene como interés establecer la comunicación entre sensores y dispositivos comerciales

El bus SPI (Serial Peripheral Interface), debido a sus múltiples ventajas, se ha convertido en un estándar “by default” en el mundo de la electrónica y automatización.

Posee una arquitectura de tipo maestro esclavo: el dispositivo maestro (master) puede iniciar la comunicación con uno o varios dispositivos esclavos (Slave), y enviar y recibir datos de ellos. Hay que tener presente que los dispositivos esclavos no pueden iniciar la comunicación, ni intercambiar datos entre ellos directamente (Pérez, 2017).

Se empleó también este protocolo debido a que es un estándar de enlace de datos seriales sincronizados por un reloj que operan en modo full dúplex. Los dispositivos se comunican en modo maestro/esclavo donde el dispositivo maestro inicia el data frame (trama de red o marco de datos). Múltiples dispositivos esclavos están permitidos en líneas Slave Select (SS) individuales (Pérez, 2017).



*Figura 29. SPI Master-Esclavo*

*Fuente: El Autor*

Las ventajas que se puede mencionar con la utilización del protocolo SPI son varias:

- mayor velocidad de transmisión que con I2C.
- consume menos energía, debido que posee menos circuitos como son las resistencias pull-up utilizadas en I2C.
- los dispositivos clientes usan el reloj que envía el servidor.
- protocolo flexible en que se puede tener un control absoluto sobre los bits transmitidos.

Para la programación del GLCD se utilizó programación SPI por software debido a que utiliza menos líneas de programación a continuación se detalla dicho protocolo.

### 3.9.2. PROTOCOLO I<sup>2</sup>C

I<sup>2</sup>C es un protocolo síncrono, el mismo que emplea únicamente 2 cables, uno para el reloj (SCL) y otro para el dato (SDA). Esto significa que el maestro y el esclavo envían datos por el mismo cable, el cual es controlado por el maestro, que crea la señal de reloj. I<sup>2</sup>C no utiliza selección de esclavo, sino direccionamiento.

I<sup>2</sup>C es un bus de comunicaciones en serie. Su nombre viene de Inter-Integrated Circuit (Inter-Circuitos Integrados). La versión 1.0 data del año 1992 y la versión 2.1 del año 2000, su diseñador es Philips. La velocidad es de 100 kbit/s en el modo estándar, aunque también permite velocidades de 3.4 Mbit/s. Es un bus muy usado en la industria, principalmente para comunicar microcontroladores y sus periféricos en sistemas integrados (Embedded Systems) y generalizando más para comunicar circuitos integrados entre sí que normalmente residen en un mismo circuito impreso (Arduino, Aprendiendo Arduino, 2017).

La principal característica de I<sup>2</sup>C es que utiliza dos líneas para transmitir la información: una para los datos y otra para la señal de reloj. También es necesaria una tercera línea, pero esta sólo es la referencia (masa). Como suelen comunicarse circuitos en una misma placa que comparten una misma masa esta tercera línea no suele ser necesaria (Arduino, Aprendiendo Arduino, 2017).

Las líneas se llaman:

- SDA: datos
- SCL: reloj
- GND: tierra

Las dos primeras líneas son drenador abierto, por lo que necesitan resistencias de pull-up. Dos o más señales a través del mismo cable pueden causar conflicto, y ocurrirían problemas si un dispositivo envía un 1 lógico al mismo tiempo que otro envía un 0. Por tanto, el bus es “cableado” con dos resistencias para poner el bus a nivel alto, y los dispositivos envían niveles bajos. Si quieren enviar un nivel alto simplemente lo comunican al bus (Arduino, Aprendiendo Arduino, 2017).

### 3.10. PROGRAMACIÓN DE SENSORES.

(VER ANEXO 7)

#### 3.10.1. PROGRAMACIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA/HUMEDAD (DHT21)

Se empleó un Dht21 debido a que es un sensor de alta precisión, con rangos de temperatura de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $80^{\circ}\text{C}$ , con precisión con precisión de  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  y rango de humedad de 0 a 100% RH con precisión del 2% RH, el tiempo de cada lectura es de 2 segundos (Mechatronics, 2017).

Se empleó además la librería DHT, debido a que con esta librería podemos realizar fácilmente la lectura de ambos sensores, y no preocuparnos por el protocolo de comunicación entre Arduino y los sensores.

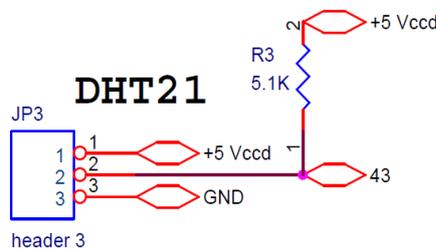


Figura 30. Circuito sensor temperatura / humedad (DHT21)

*Fuente: El Autor*

Los pines conectados entre el sensor y el Arduino se detallan a continuación.

- 1 **VCCD (Voltaje de alimentación 5/3,3 VDC):** Voltaje de alimentación provisto al Sensor
- 2 **SIGNAL (Señal):** Señal de salida del sensor, conectada al pin 43 del Arduino
- 3 **GND (Ground):** Conexión a tierra.

#### 3.10.2. PROGRAMACIÓN DEL SENSOR DE CAUDAL YF-S201

El sensor internamente tiene un rotor cuyas paletas tiene un imán, la cámara en donde se encuentra el rotor es totalmente aislado evitando fugas de agua, externamente a la cámara tiene un sensor de efecto hall que detecta el campo magnético del imán de las paletas y con esto el movimiento del rotor, los pulsos deberán ser convertidos posteriormente a flujo.

La salida de pulsos es una onda cuadrada cuya frecuencia es proporcional al caudal. El caudal de conversión de frecuencia es (Hz) a caudal (L/min), varía entre modelos y depende de la presión, densidad e incluso el mismo caudal (Mechatronics, 2017).

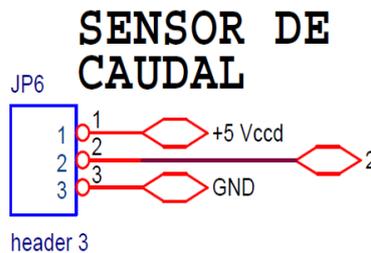
$$Lh = \text{flow frequency} \times 60 / K$$

*Ecuación 3. Fórmula empleada para el cálculo del flujo*

*Fuente:* (Mechatronics, 2017)

Donde:

Llamaremos K al factor de conversión, siendo  $K= 7.5$  proporcionado por el fabricante.



*Figura 31.* Circuito sensor caudal (YF-S201)

*Fuente:* El autor

Los pines conectados entre el sensor y el Arduino se detallan a continuación.

**1 VCCD (Voltaje de alimentación 5/3,3 VDC):** Voltaje de alimentación provisto al Sensor

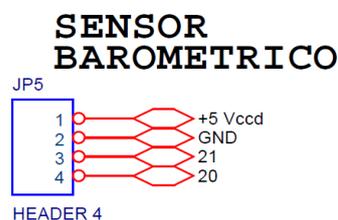
**2 SIGNAL (Señal):** Señal de salida del sensor, conectada al pin 2 del Arduino

**3 GND (Ground):** Conexión a tierra.

### 3.10.3. PROGRAMACIÓN DEL SENSOR BAROMÉTRICO (BMP 180)

El BMP180 es un sensor de alta precisión y de baja potencia. El rango de medición es de 300hPa, equivale a una altitud de 500 a 9000m sobre el nivel del mar. La precisión es configurable, desde 0.06hPa (0.5 metros) en el modo de bajo consumo, a 0.02hPa (0.17 metros), en el de alta precisión (Llamas, 2013).

Debido a esto se emplea la librería **Wire**, para establecer la comunicación I2C con el módulo, y de esa manera obtener los datos medidos.



*Figura 32.* Circuito sensor Barométrico (BMP180)

*Fuente:* El Autor

Los pines conectados entre el sensor y el Arduino se detallan a continuación.

**1 VCCD (Voltaje de alimentación 5/3,3 VDC):** Voltaje de alimentación provisto al Sensor

2 **GND (Ground)**: Conexión a tierra

3 **SCL (DATA)**: datos del sensor, conectada al pin 20 del Arduino

4 **SDA (CLK)**: reloj, conectada al pin 21 del Arduino

### 3.10.4. Reloj en tiempo real

Para realizar la lectura del DS3231, se emplea la librería “**RTClib.h**”, ya que esta proporciona ejemplos de códigos para su respectivo funcionamiento, a más de emplear la librería **Wire**, para establecer la comunicación I2C con el módulo.

Utilizamos las variables del sistema `_DATE_y_TIME_`. Esto debemos hacerlo una vez, que este sincronizado.

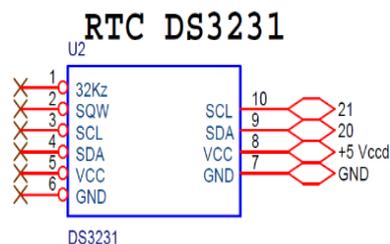


Figura 33. Circuito Reloj en tiempo Real (BMP180)

*Fuente: El Autor*

Los pines conectados entre el sensor y el Arduino se detallan a continuación.

10 **SCL (DATA)**: datos del sensor, conectada al pin 20 del Arduino

9 **SDA (CLK)**: reloj, conectada al pin 21 del Arduino

8 **VCCD (Voltaje de alimentación 5/3,3 VDC)**: Voltaje de alimentación provisto al Sensor

7 **GND (Ground)**: Conexión a tierra.

### 3.10.5. Pines de conexión del GLCD

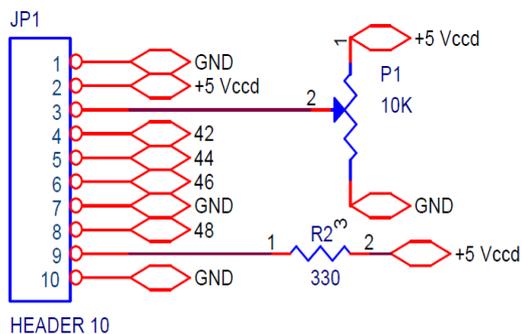


Figura 34. Pines de Conexión GLCD (BMP180)

*Fuente: El autor*

Los pines conectados entre el sensor y el Arduino se detallan a continuación.

1 **GND (Ground)**: Conexión a tierra

2 **VCCD (Voltaje de alimentación 5/3,3 VDC):** Voltaje de alimentación provisto al Sensor

3 **potenciómetro** de contraste LCD

4 **(DATA):** datos del sensor, conectada al pin 42 del Arduino

5 **(DATA):** datos del sensor, conectada al pin 44 del Arduino

6 **(DATA):** datos del sensor, conectada al pin 46 del Arduino

7 **GND (Ground):** Conexión a tierra

8 **(DATA):** datos del sensor, conectada al pin 48 del Arduino

9 **VCCD (Voltaje de alimentación 5/3,3 VDC):** Voltaje de alimentación provisto al LCD

10 **GND (Ground):** Conexión a tierra

### 3.11. DISEÑO DE LA PLACA

Para el diseño de la placa se utilizó el software **Orcad** para Windows. Este programa dispone de varios iconos, que se reducen a dos para la utilización: “Capture” y “Layout”.

El entorno de Windows facilita el trabajo ya que se trata de un conjunto de aplicaciones de entorno visual y de fácil manejo. Se utilizaron los controles característicos de un entorno visual: botones, menús desplegables, casillas de selección, cajas de dialogo, etc., de ahí su facilidad de manejo

El capture de OrCAD para Windows es un entorno de diseño electrónico potente con la facilidad de uso proporciona la interface Windows, cuando se inicia una sesión con el Capture, se puede empezar abriendo tanto una librería de componentes como un diseño.

Con OrCAD Layout (figura 35), se pudo trazar las pistas en el diseño del PCB al disponer de muchas funciones de enorme utilidad que están integradas, además, en un entorno familiar como el sistema operativo Windows.

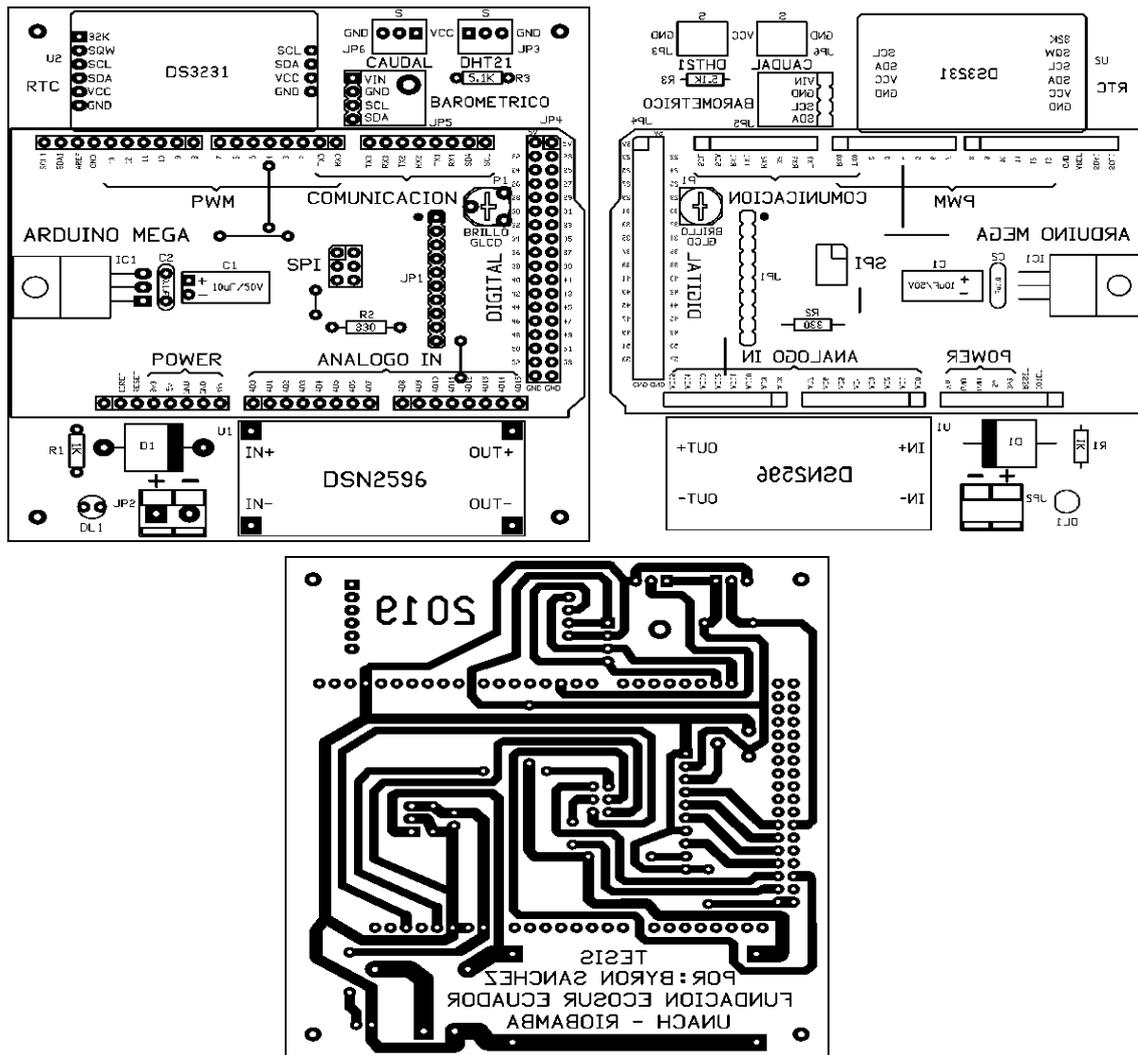


Figura 35. a) Layout con elementos incorporados b) Layout modo espejo c) placa con pistas

Fuente: El Autor

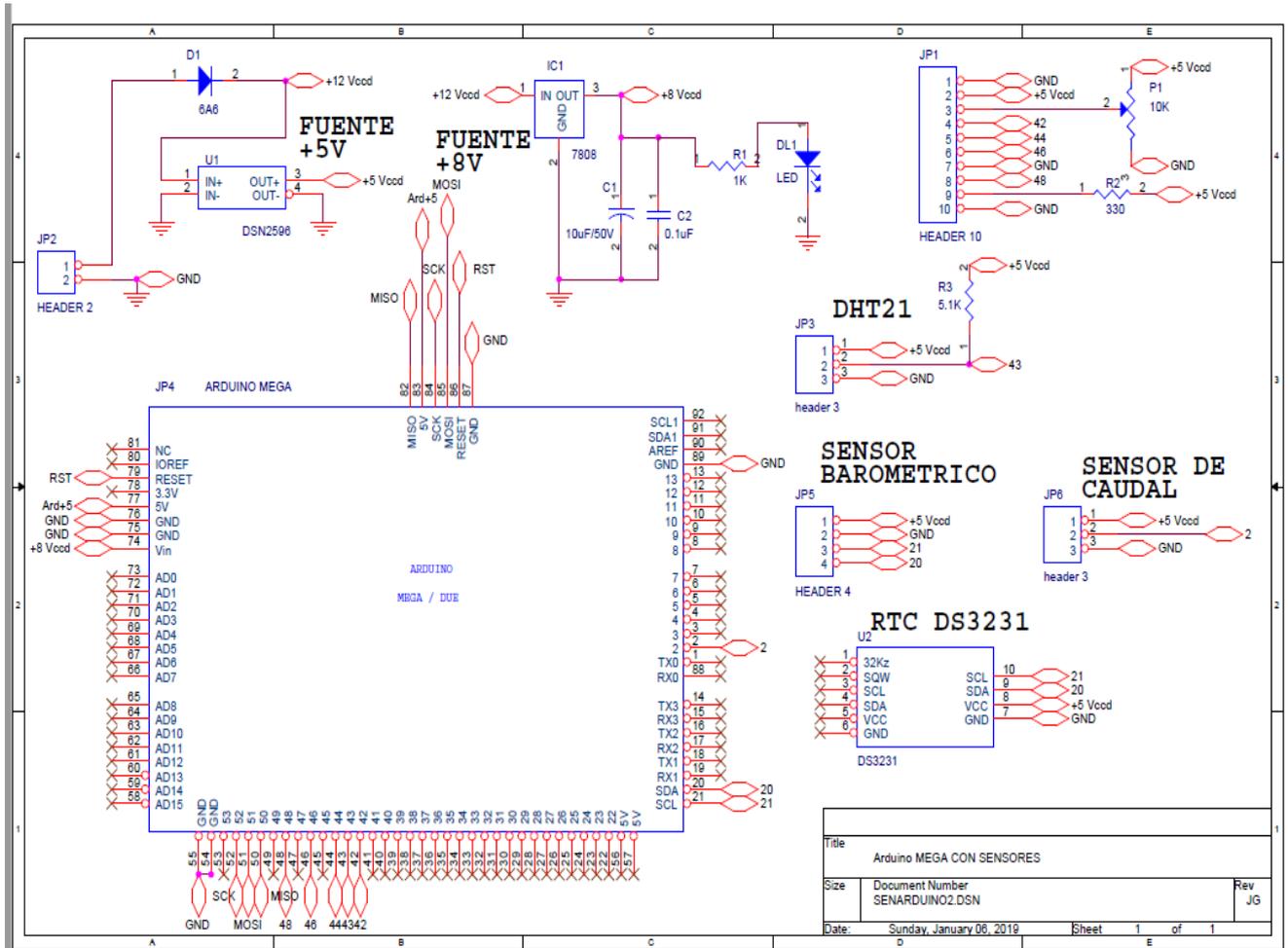


Figura 36. Diagrama esquemático del Sistema de adquisición de datos

Fuente: El Autor

### 3.12. COMPILACION EN EL SOFTWARE ARDUINO

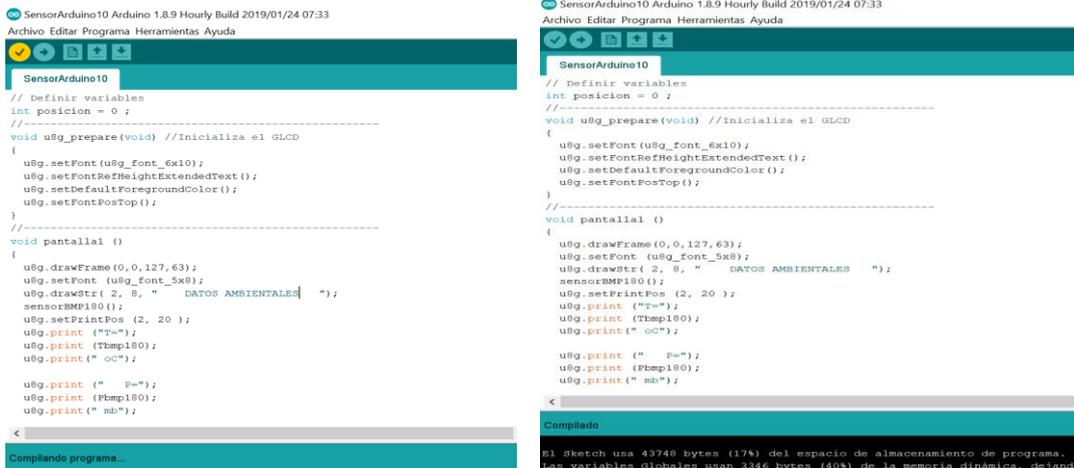


Figura 37. a) Compilación b) Compilación exitosa

Fuente: El Autor

#### 3.12.1. CARGA DE ARCHIVO

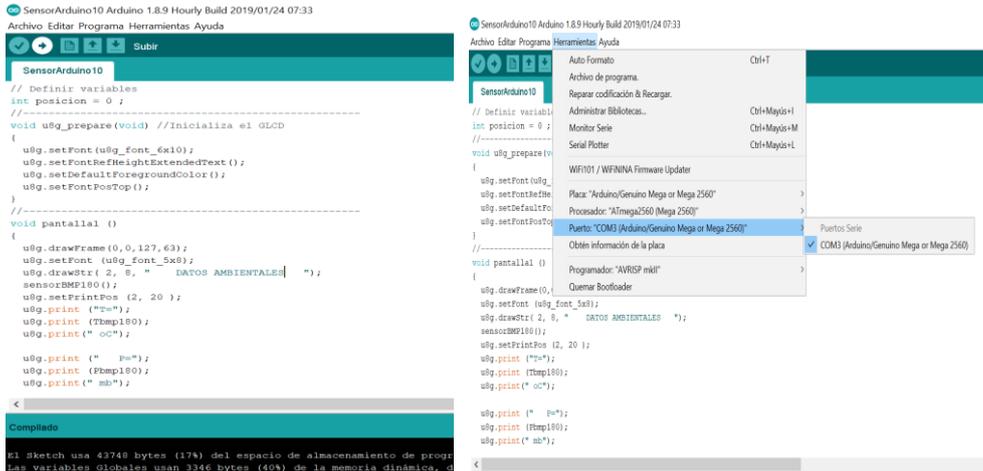


Figura 38. a) Carga de archivo b) Comprobación del puerto COM

Fuente: El autor

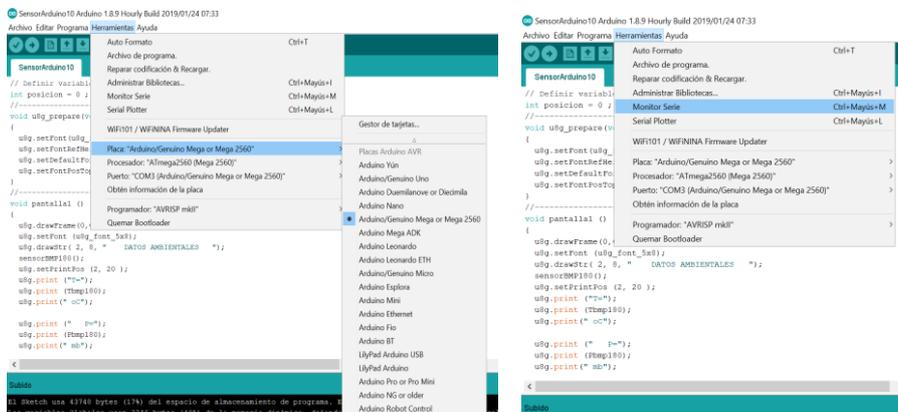


Figura 39. a) Detección de la placa a emplear b) Monitor Serie

Fuente: El autor

### 3.12.2. INICIALIZACION DE LOS SENSORES

COM3 (Arduino/Genuino Mega or Mega 2560)

```
BMP180 iniciado
DHTxx test!
Probando SD card...Sd encontrada.
```

COM3 (Arduino/Genuino Mega or Mega 2560)

```
1
BMP180 iniciado
DHTxx test!
Probando SD card...Sd encontrada.
```

Figura 40. Monitor Serie a) Inicialización de Sensores b) Inicialización de la Sd Card

Fuente: El autor

Figura 41. Transmisión de Datos

Fuente: El autor

### 3.12.3. PÁGINA WEB

Para poder acceder a la pagina web y visualizar los datos en tiempo real digite la siguiente dirección empleando en navegador de su preferencia IP (45.225.44.2)



Figura 42. Página Web

Fuente: El autor

### 3.13. DISEÑO DEL RADIOENLACE

- Para la transmisión de datos se utilizaron:
- Una antena transmisora Microtic LHG5
- Un Repetidor antena Microtic LHG5
- Router QPCOM

#### PARÁMETROS FIJOS

Frecuencia de trabajo= 5150Mhz-5875Mhz

Ganancia de la antena= 24,5 dbi

Potencia de transmisión = 0,32w - 25dbm

Polarización vertical.

Umbral de receptor= 1uv - -107 dbm

Perdida de línea 1db (cable + cavidades + conectores)

Altura de la antena = 8m

#### 3.13.1. CONFIGURACIONES PARA EL NODO PRINCIPAL

Para el dimensionamiento del radioenlace se procedió a realizar una simulación en el radio Mobile para determinar la posibilidad de realizar la comunicación desde la estación base hacia el destino para ello se realizó el siguiente procedimiento.

Se configuraron tres unidades:

#### Nodo principal

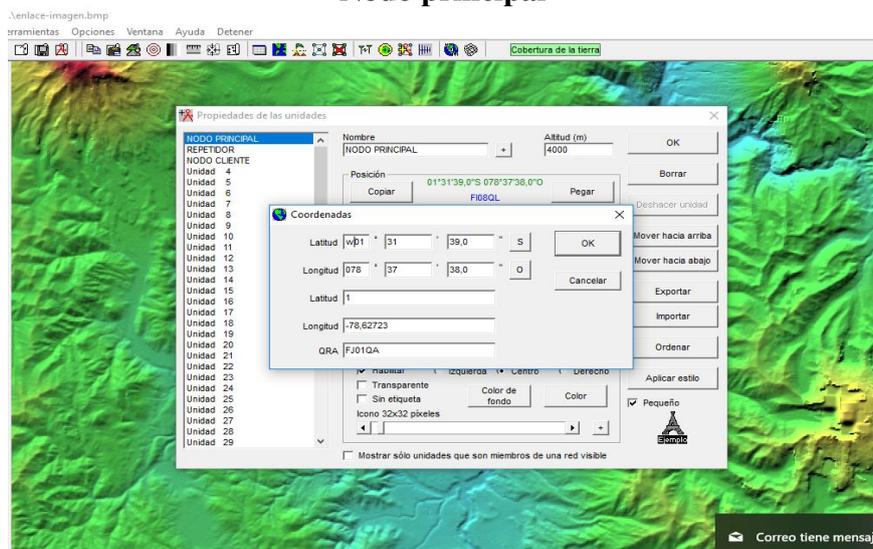


Figura 43. Asignación de coordenadas Latitud-Longitud

Fuente: El Autor

En el nodo principal se ingresan las coordenadas respectivas como latitud y longitud y la altitud.

### Nodo Repetidor

Se empleó un repetidor debido a la no existía línea de vista directa al destino, para ello se ingresaron datos de latitud y longitud.

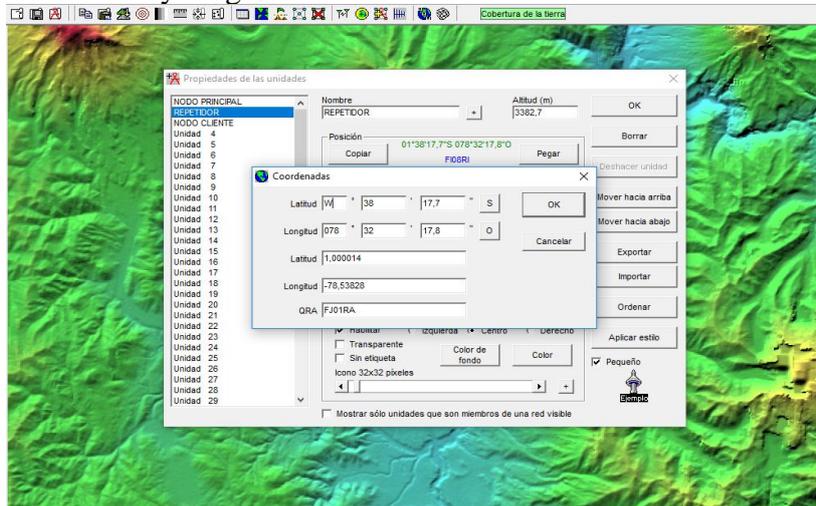


Figura 44. Asignación de Coordenadas para el Repetidor

Fuente: El Autor

### Nodo cliente

Finalmente se ingresaron las coordenadas Geográfica (latitud y longitud del nodo del cliente)

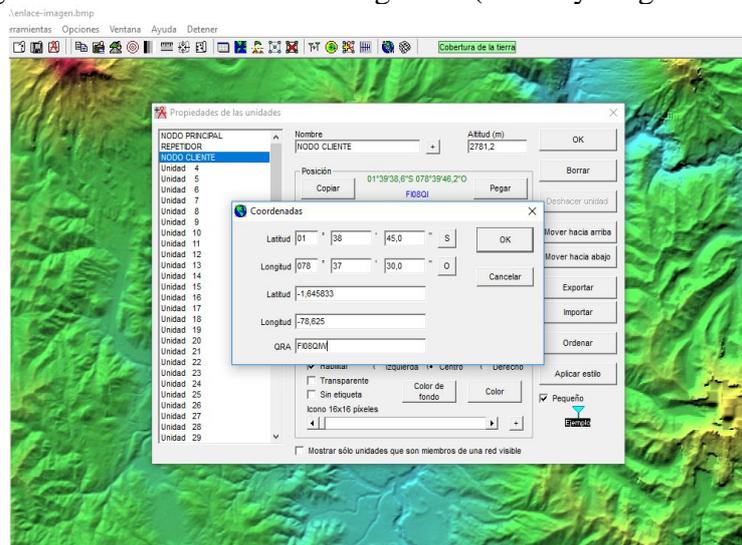


Figura 45. Asignación de Coordenadas para el nodo cliente

Fuente: El Autor

## Configuración de redes

Se configuraron dos redes en este caso la red principal y la del repetidor, se ingresó los datos de los equipos a emplear en este caso la frecuencia máxima y mínima (datos de la antena Microtic LGH5)

### RED PRINCIPAL-REPETIDOR

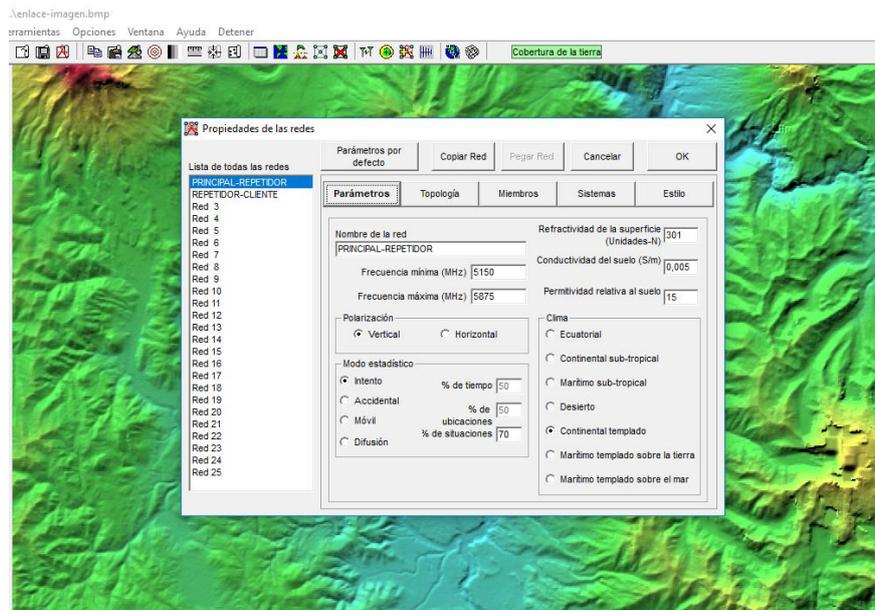


Figura 46. Red Principal-Repetidor

Fuente: El Autor

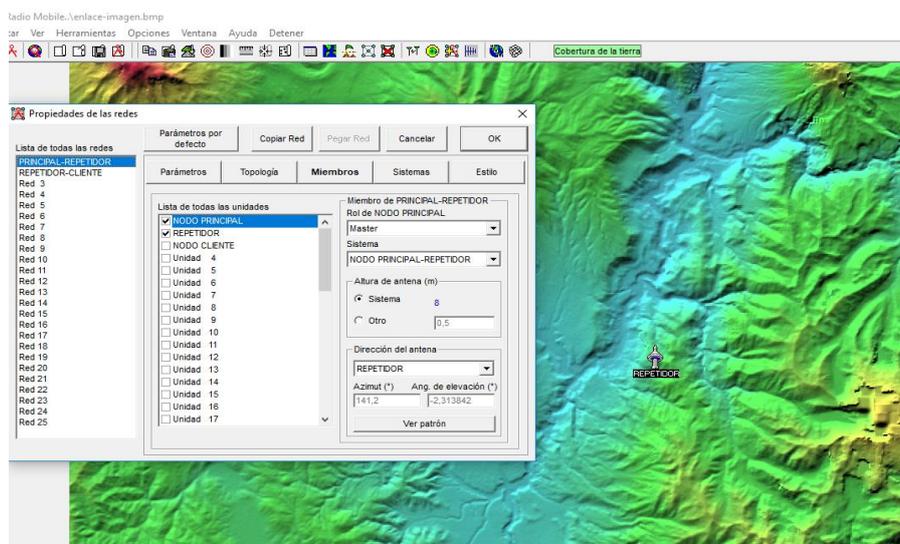


Figura 47. Nodo principal como master, repetidor como esclavo

Fuente El Autor

### 3.13.2. CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA NODO PRINCIPAL-REPETIDOR

Para ello se ingresó las características de la antena a emplear (datos de la antena Microtik LGH5), como:

- potencia de transmisión
- Perdidas umbral de recepción
- Perdida de la línea
- Ganancia
- Altura de la antena

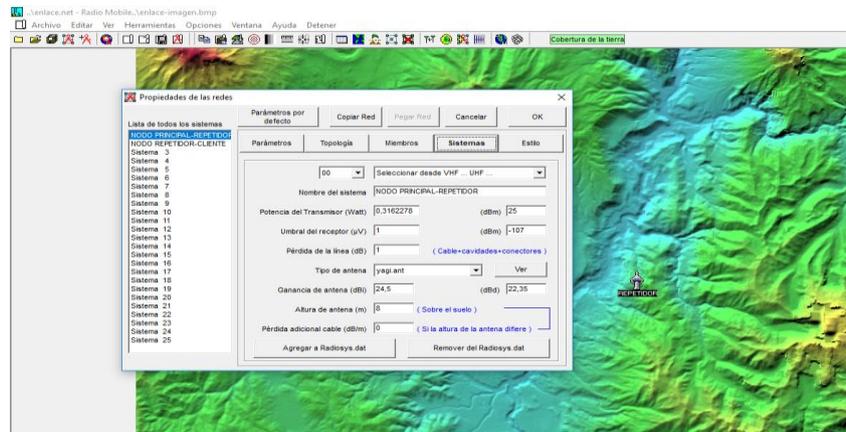


Figura 48. Configuración del sistema nodo principal-repetidor

Fuente: El Autor

### RED REPETIDOR-CLIENTE

Partimos desde el repetidor hacia el cliente, ingresando las frecuencias de operación

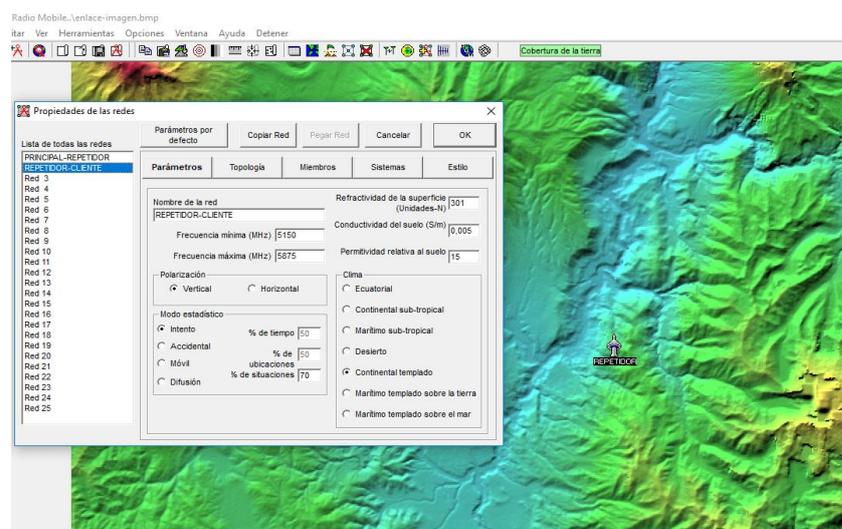


Figura 49. Red Repetidor-Cliente

Fuente: El Autor

Se configuro al Repetidor como master cliente como esclavo

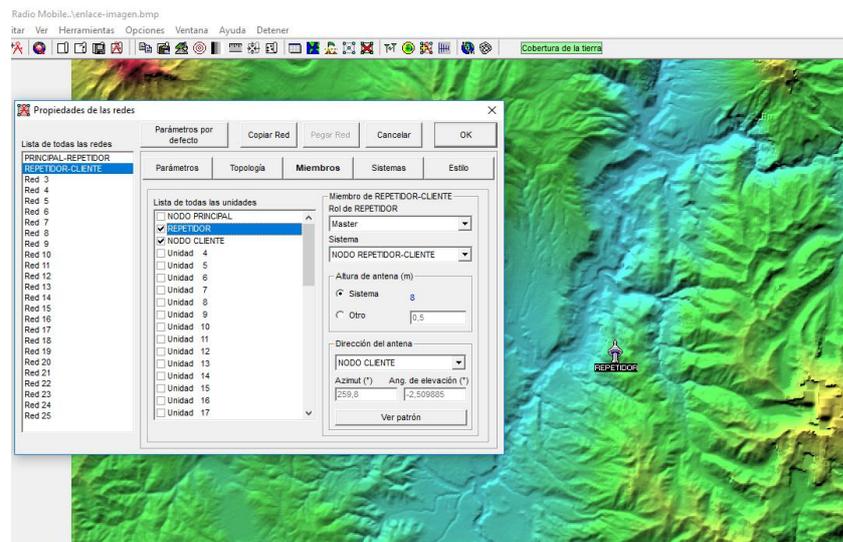


Figura 50. Configuración del repetidor como master-cliente esclavo

*Fuente: El Autor*

### 3.13.3. SISTEMA NODO REPETIDOR-CLIENTE

Se ingresaron las características de la antena a emplear (datos de la antena Microtic LGH5):

- potencia de transmisión
- Perdidas umbral de recepción
- Perdida de la línea
- Ganancia
- Altura de la antena

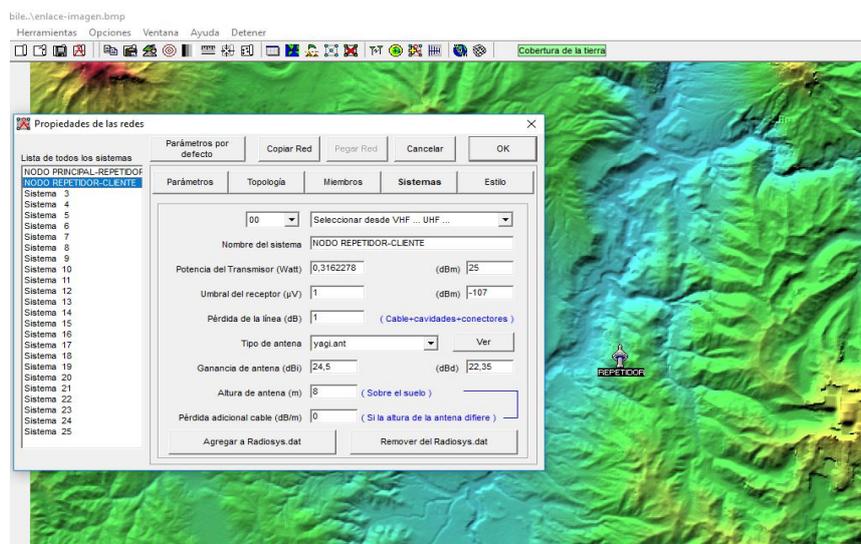


Figura 51. Sistema nodo repetidor-cliente

*Fuente: El Autor*

### 3.14. RESULTADOS DIAGRAMA

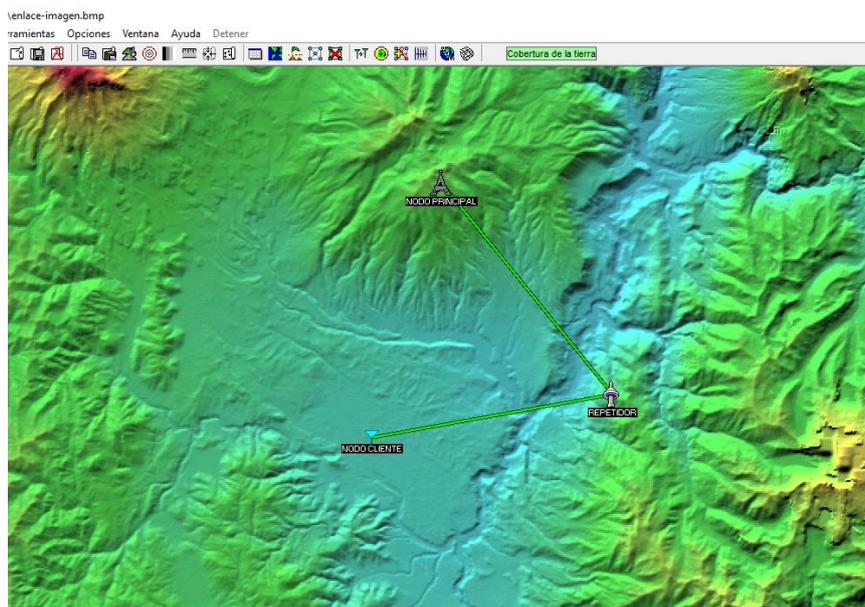


Figura 52. Resultados Diagrama

Fuente: El Autor

### ENLACE DE RADIO NODO PRINCIPAL- REPETIDOR

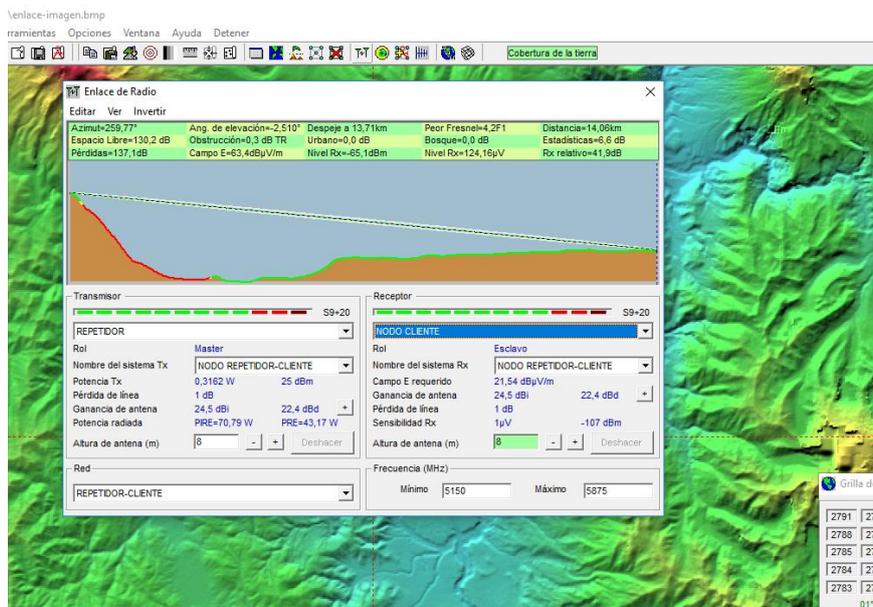


Figura 53. Enlace de radio nodo principal- repetidor

Fuente: El Autor

## ENLACE DE RADIO NODO REPETIDOR-NODO CLIENTE

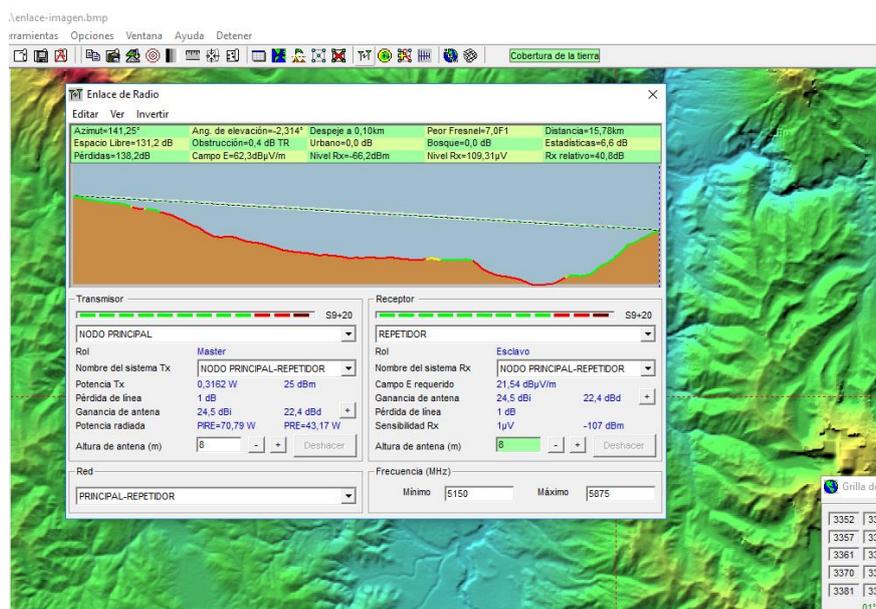


Figura 54. Enlace de radio nodo repetidor-nodo cliente

Fuente: El Autor

### 3.15. RESULTADOS DEL RADIO ENLACE

#### Nodo principal-repetidor

La distancia entre el nodo principal y repetidor es 15,8km

**Los valores de azimut a configurar son:**

azimut norte verdadero= 141,25°

azimut norte magnético= 14,10°

Angulo de elevación = -2,3138°

Variación de altitud de 1591,0m

El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 7,0F1 a 0,1km

La frecuencia promedio es 5512,500Mhz

#### Perdidas

Espacio libre=131,2db

Obstrucción = 0,4 db

Urbano=0,0 db

Bosque= 0,0 db

Estadísticas= 6,6 db

Perdida de propagación total es 138,2 db

#### Ganancia

Ganancia del sistema de nodo principal a repetidor es de 179,0 db

Ganancia del sistema de repetidor a nodo principal es de 179,0 db

### **Repetidor-cliente**

La distancia entre el repetidor y el nodo cliente es de 14,1 km.

### **Los valores de azimut a configurar son:**

Azimut norte verdadero=259,77°

Azimut norte magnético=262,66°

Angulo de elevación= -2,5099°

Variación de altitud de 935,5m

El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 4,2F1 a 13,7km

La frecuencia promedio es 5512,500Mhz

### **Perdidas**

Perdidas de espacio libre= 130,2 db

Obstrucción= 0,3 db

Urbano=0,0 db

Estadísticas=6,6db

Perdidas de propagación total: 137,1 db

### **Ganancia**

Ganancia del sistema de repetidor a nodo cliente es de 179,0db

Ganancia del sistema de nodo cliente a repetidor es de 179,0 db

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 4.1.INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

- Análisis y propagación de datos usando el software estadístico SPSS y Wólffram Mathematica 12.0.
- Socialización de los resultados estadísticos en Ecosur con la presencia de los administradores de las Piscinas en Yanarumi.

#### 4.2.REVISIÓN DE CONCEPTOS GENERALES PARA EL ANÁLISIS DE DATOS

##### 4.2.1. HIPÓTESIS

Al realizar una prueba de hipótesis formal para determinar si existe una correlación lineal significativa entre dos variables, considere las siguientes hipótesis nula y alternativa que utilizan  $r$  para representar el coeficiente de correlación lineal de la población (Triola, 2018).

Hipótesis nula  $H_0=\rho=0$  (sin correlación)

Hipótesis alternativa  $H_1=\rho\neq 0$  (correlación)

##### 4.2.2. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN LINEAL $R$

El coeficiente de correlación lineal  $r$  mide la fuerza de la correlación lineal entre los valores cuantitativos pareados  $x$  e  $y$ , en una muestra. El coeficiente de correlación lineal  $r$  ( $-1 \leq r < 0$  para correlación negativa y  $0 \leq r \leq 1$  para correlación positiva), se calcula utilizando la (Ecuación 2) o la (Ecuación 3). [El coeficiente de correlación lineal se denomina en ocasiones coeficiente de correlación del momento del producto Pearson en honor a Karl Pearson (1857-1936), quien lo desarrolló originalmente] (Triola, 2018).

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}}$$

*Ecuación 4 . Fórmula empleada para calcular el Coeficiente de Pearson*

*Fuente: (Triola, 2018)*

$$r = \frac{\sum(z_x z_y)}{n - 1}$$

*Ecuación 5. Fórmula empleada para calcular el Coeficiente de Pearson*

*Fuente: (Triola, 2018)*

donde  $z_x$  expresa la puntuación  $z$  para un valor muestral individual  $x$  e  $z_y$  es la puntuación  $z$  para el valor muestral correspondiente  $y$ .

### **4.2.3. CORRELACIÓN.**

Existe una correlación entre dos variables cuando los valores de una variable están de alguna manera asociados con los valores de la otra variable. Existe una correlación lineal entre dos variables cuando existe una correlación y los puntos graficados de los datos pareados dan como resultado un patrón que se puede aproximar mediante una línea recta (Triola, 2018).

### **4.2.4. EL P VALOR**

El valor  $P$  es una medida de la significancia general de la ecuación de regresión múltiple. El valor  $P$  mostrado de 0 (redondeado) es pequeño, lo que indica que la ecuación de regresión múltiple tiene una buena significancia general y es utilizable para realizar predicciones. Podemos predecir el peso de los hombres según su estatura y la circunferencia de su cintura. Al igual que el  $R^2$  ajustado, este valor  $P$  es una buena medida de qué tan bien se ajusta la ecuación a los datos muestrales. El valor  $P$  resulta de una prueba de hipótesis nula de que:

$\beta_1 = \beta_2 = 0$ . El rechazo de  $\beta_1 = \beta_2 = 0$  implica que al menos  $\beta_1$  o al menos  $\beta_2$  no es 0, lo que indica que esta ecuación de regresión es efectiva para predecir pesos de los hombres. Un análisis completo de los resultados podría incluir otros elementos importantes, como la significancia de los coeficientes individuales, pero deseamos mantener las cosas simples (!) al limitar el análisis a los tres componentes clave-ecuación de regresión múltiple,  $R^2$  ajustado y valor  $P$  (Triola, 2018).

### **4.2.5. ANOVA DE UN FACTOR**

El análisis de varianza de un factor (ANOVA) es un método para probar la igualdad de tres o más medias poblacionales mediante el análisis de varianzas muestrales. El análisis de varianza de un factor se utiliza con datos categorizados con un factor (o tratamiento), por lo que hay una característica que se usa para separar los datos muestrales en diferentes categorías (Triola, 2018).

#### 4.2.6. DIAGRAMA DE CAJA O DIAGRAMA DE BIGOTES.

Una gráfica de caja (o diagrama de caja y bigotes) es una gráfica de un conjunto de datos que consiste en una línea que se extiende desde el valor mínimo hasta el valor máximo, y una caja con líneas dibujadas en el primer cuartil  $Q_1$ , la mediana y el tercer cuartil  $Q_3$  (Triola, 2018).

#### 4.3.PRUEBAS Y RESULTADOS

En la fase de pruebas se verificó el funcionamiento de la fuente de energía y los sensores. Entonces se procedió a la recolección de los datos, los mismos que se enviaron a un dispositivo electrónico de almacenamiento, para ser almacenados y posteriormente someterlos a estudios de correlación entre las variables mediante el uso de programas informáticos. Los datos fueron procesados estadísticamente utilizando el software SPSS con el objetivo de realizar un análisis riguroso y confiable determinando máximos – mínimos, utilizando el software Mathematica v12.0 para determinar el mejor ajuste de curvas y finalmente con estos resultados predecir situaciones de comportamientos futuros.

Este método se repetirá hasta comprobar la calidad y confiabilidad de los datos.

##### 4.3.1. SOFTWARE SPSS

Es un formato que ofrece IBM para un análisis completo. Es un acrónimo de producto de estadística y solución de servicio.

El SPSS es un software conocido por su capacidad de gestionar grandes volúmenes de datos y es capaz de llevar a cabo un análisis de texto entre otros formatos (QuestionPro, 2019).

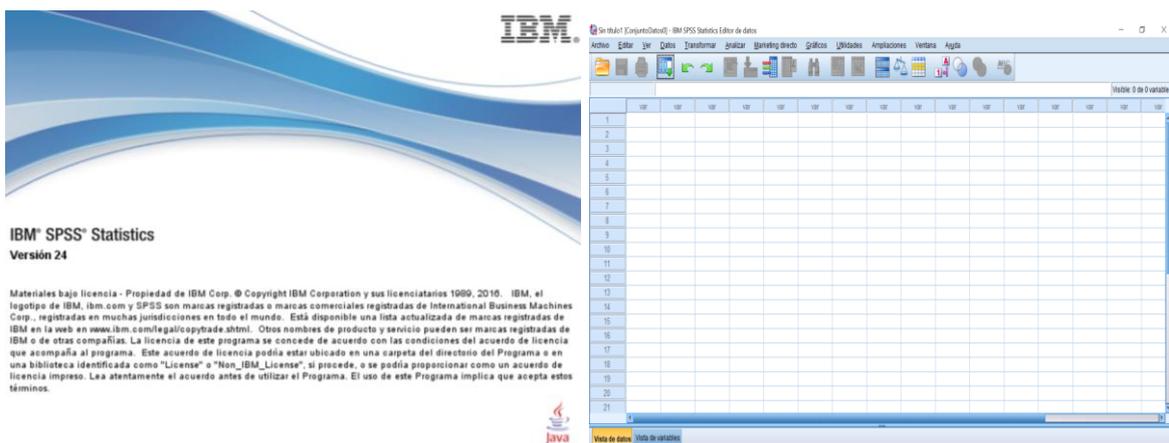


Figura 55. a) Software SPSS b) Entorno de Desarrollo

Fuente: Software SPSS

### 4.3.2. SOFTWARE MATHEMATICA

Mathematica es el sistema de computación global más poderoso del mundo. Desde su primer lanzamiento en 1988, ha tenido un profundo efecto en la manera en que se aplica la computación en las áreas técnicas, científicas, educativas, y en el mundo de los negocios y la industria. Entre las fortalezas de Mathematica destaca Wólffram Language, un poderoso lenguaje de programación de alto nivel simbólico-numérico, con funciones y super - funciones asociadas a extensas bases de datos y amplia agilidad algorítmica. Esto permite que Mathematica sea utilizado ampliamente en campos como ciencias de la vida, ingenierías, super cómputo, ciencia de datos, economía, finanzas y muchas otras áreas, sin necesidad de cajas de herramientas adicionales (Cedia, 2019).

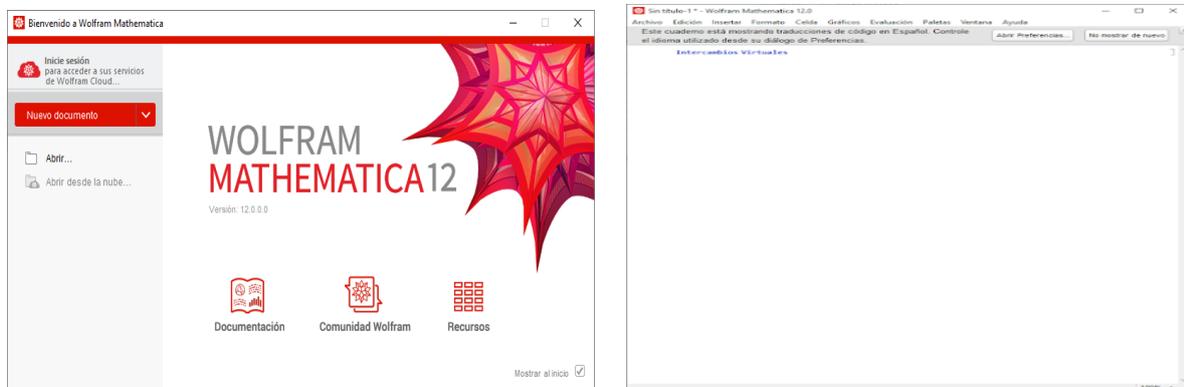


Figura 56. Software Mathematica 12 b) Entorno de Desarrollo

**Fuente:** Wolfram Research, Inc., Mathematica, version 12.0, Champaign, Champaign, IL (2019).

### 4.4. ANÁLISIS DE DATOS

En esta sección se procedió a realizar un ajuste de curvas para determinar el comportamiento de las variables ambientales con respecto al tiempo de los datos obtenidos del primer mes, para ello se tomará en cuenta las diversas variables empleadas para su análisis; estas son:

- Temperatura
- Humedad
- Y Presión Atmosférica

La figura 55, muestra el entorno de desarrollo empleado para el análisis correspondiente, teniendo en cuenta que se realizaron 48 muestras por día, es decir que cada 30 minutos. el sistema de adquisición de datos ambientales alojara esos datos para su análisis respectivo.

#### 4.4.1. AJUSTE DE CURVAS DE VARIABLES AMBIENTALES TOMADAS ALEATORIAMENTE

Se procedió a realizar el ajuste de curvas de las variables ambientales (temperatura, humedad, presión atmosférica) con respecto al tiempo, obteniéndose los siguientes resultados, mostrados en las tablas y gráficos siguientes:

*Tabla 10.* Base de datos de un día aleatorio

<b>Temperatura Dia 4</b>	<b>Humedad Dia 23</b>	<b>Presión Dia 16</b>
4,7	99,9	637,48
4,5	99,9	637,49
4,5	99,9	636,99
3,9	99,9	637,04
3,9	99,9	636,36
3,7	99,9	636,39
3,7	99,9	636,24
4,1	99,9	636,26
4,1	99,9	636,33
4,5	99,9	636,26
4,5	99,9	636,68
5,0	99,9	636,67
5,0	99,9	637,07
5,2	99,9	637,03
5,2	99,9	637,19
5,0	99,9	637,23
5,0	99,9	637,81
7,1	79,0	637,85
6,9	79,0	638,42
12,2	62,2	638,35
12,2	62,2	638,40
14,0	77,1	638,51
14,0	77,1	637,89
17,1	60,1	637,89
17,1	60,2	637,50
18,0	50,1	637,50
18,0	50,1	637,35
20,0	52,5	637,34
20,0	52,5	636,51
18,9	49,7	636,50
18,9	49,7	636,04
20,2	55,7	636,06
20,2	55,7	635,82
16,9	71,6	635,84
16,9	71,6	635,87

16,5	84,4	635,85
16,5	84,6	636,15
13,6	93,0	636,10
13,6	93,0	636,74
8,1	95,7	636,72
8,1	95,7	637,59
7,0	97,6	637,63
7,0	97,6	638,20
5,8	97,9	638,21
5,8	97,9	638,31
6,4	99,8	638,40
6,4	99,8	638,16
5,9	99,9	638,18

En la tabla 10 se pueden apreciar los datos tomados aleatoriamente de las variables ambientales, (temperatura, humedad, presión atmosférica), de un periodo de 30 días, se realizó un ajuste de curvas de las variables ambientales con respecto al tiempo, en un día tomado aleatoriamente. Utilizando el método *Montecarlo*.

#### 4.4.2. COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA

En la gráfica 57 se puede apreciar el comportamiento de la temperatura en función del tiempo, a continuación, se detalla el ajuste de curvas correspondiente realizados, para esta variable ambiental.

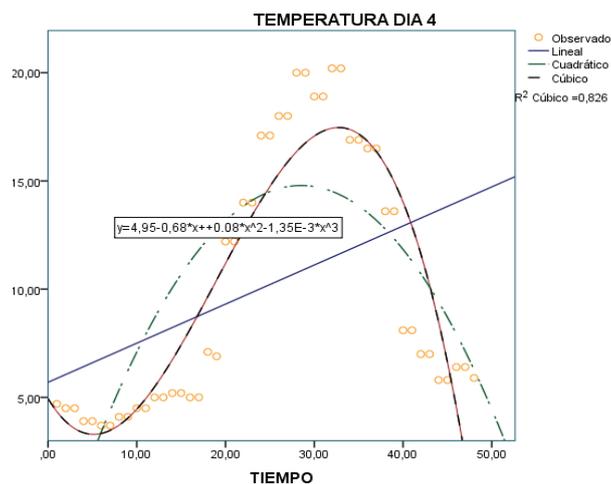


Figura 57. Comportamiento de la Temperatura día 4

Fuente: Software SPSS

Tabla 11. Resumen del modelo y estimaciones de parámetros con respecto a la Temperatura

Variable dependiente: Temperatura Dia 4

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de parámetro			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	,179	10,006	1	46	,003	5,696	,181		
Cuadrático	,601	33,927	2	45	,000	-3,463	1,280	-,022	
Cúbico	<b>,826</b>	69,603	3	44	,000	4,950	-,680	,077	-,001

En la tabla 11 se muestran los coeficientes de correlación obtenidos (lineal, cuadrático, cúbico), para realizar el ajuste de curvas correspondientes, obteniendo que el coeficiente de correlación más idóneo es cúbico con un valor de 0.826, determinando un ajuste de curvas satisfactorio debido a que el ideal es 1.

La ecuación que rige al comportamiento de esta variable ambiental se detalla a continuación, la misma que fue obtenida mediante el ajuste de curvas correspondiente.

$$y = 4.95 - 0.68x + 0.08x^2 - 1.35E * 10^{-3}x^3$$

*Ecuación 6. Modelo Matemático del comportamiento de la Temperatura con SPSS v12*

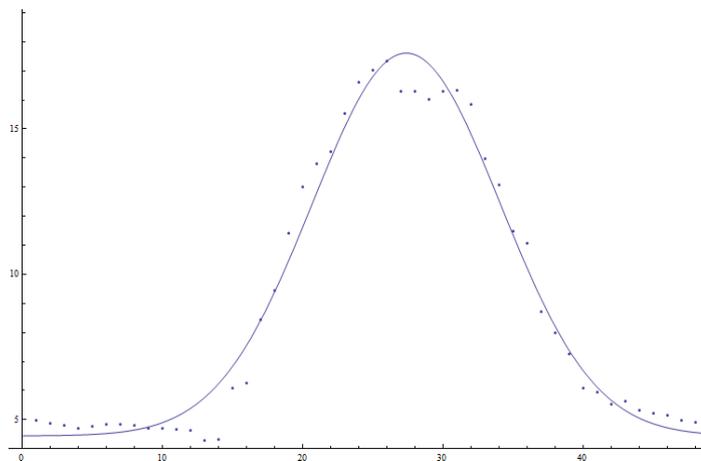
Utilizando la teoría de ajuste de curvas y el programa Wólfram Mathematica v 12.0 con el comando Fit [] se encontraron dos curvas que lograron ajustar de mejor los datos de la temperatura:

1. Una aproximación a una curva Exponencial o Gaussiana:

$$y = 4.440 + 13.169 \text{Exp}\left[\frac{(x - 27.385)^2}{90.107}\right]$$

*Ecuación 7. Ajuste de curvas: Aproximación Exponencial o Gaussiana (Temperatura)*

Fuente: El Autor



*Figura 58. Ajuste de curvas empleando el Software Mathematica v12*

Fuente: El Autor

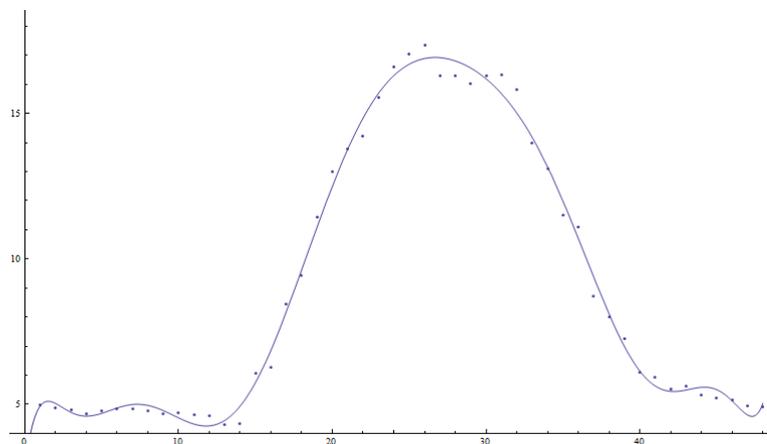
El mismo que proporciona un coeficiente de Pearson (PearsonCorrelationTest [] en Mathematica) de **0.989** y un **P- Valor 4.743x10<sup>-40</sup>**

2. Una aproximación a una curva Potencial de grado 11:

$$y = 2.795 + 4.141x - 2.680x^2 + 0.798x^3 - 0.129x^4 + 0.012x^5 - 7.350610^4x^6 + 2.816x10^{-5}x^7 - 6.928x10^{-7}x^8 + 1.059x10^8x^9 - 9.159x10^{-11}x^{10} + 3.425x10^{-13}x^{11}$$

*Ecuación 8. Ajuste de curvas: Aproximación a una curva potencial de grado 11 (Temperatura)*

**Fuente:** El Autor



*Figura 59. Ajuste de curvas empleando el Software Mathematica v12*

**Fuente:** El Autor

El mismo que proporciona un coeficiente de Pearson (PearsonCorrelationTest [] en Mathematica) de **0.997** y un **P-Valor 1.382x10<sup>-53</sup>**

#### **4.4.3. COMPORTAMIENTO DE LA HUMEDAD**

En la gráfica 60 se puede apreciar el comportamiento de la variable ambiental (Humedad), en función del tiempo, para ello se realizó el ajuste de curvas correspondiente obteniéndose las siguientes tablas y gráficas mostradas a continuación.

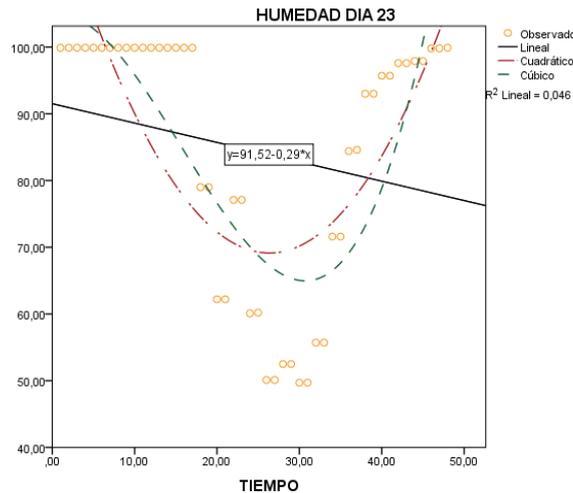


Figura 60. Comportamiento de la Humedad empleando Software SPSS

Fuente: El Autor

Tabla 12. Resumen del modelo y estimaciones de parámetros con respecto a la Humedad

Variable dependiente: Humedad día 23

Ecuación	R cuadrado	Resumen del modelo				Estimaciones de parámetro			
		F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	,046	2,200	1	46	,145	91,516	-,290		
Cuadrático	,552	27,779	2	45	,000	123,420	-4,119	,078	
Cúbico	<b>,661</b>	28,535	3	44	,000	104,869	,203	-,140	,003

En la Tabla 12, se pueden apreciar los diferentes coeficientes de correlación obtenidos, determinando el coeficiente de correlación más idóneo para su ajuste de curvas correspondiente, determinando que el coeficiente de correlación cubico con un valor de 0.66, determinando así un ajuste de curvas medianamente satisfactorio debido a que el ideal es 1. La ecuación que rige al comportamiento de esta variable ambiental se detalla a continuación, la misma que fue obtenida mediante el ajuste de curvas correspondiente.

$$y = 91,52 - 0,29x$$

Ecuación 9. Modelo Matemático del comportamiento de la Humedad empleando el software SPSS

Fuente: El Autor

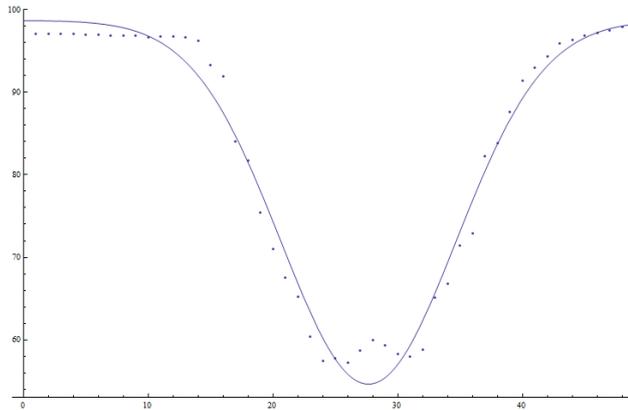
Utilizando nuevamente la teoría de ajuste de curvas y el programa Wólffram Mathematica v 12.0 con el comando Fit [] se encuentran dos curvas que ajustan mejor los datos de la humedad:

- Una aproximación a una curva exponencial o Gaussiana:

$$y = 98.680 + 44.041 \text{Exp}\left[\frac{(x - 27.640)^2}{98.904}\right]$$

*Ecuación 10. Aproximación a una curva exponencial o Gaussiana empleando Mathematica v12*

**Fuente:** El Autor



*Figura 61. Ajuste de curvas empleando el Software Mathematica v12*

**Fuente:** El Autor

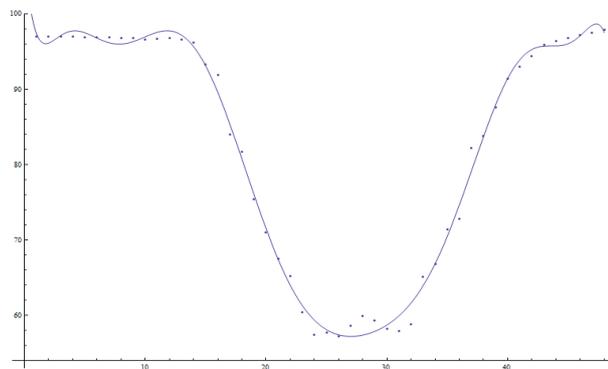
El mismo que proporciona un coeficiente de Pearson (PearsonCorrelationTest [] en Mathematica) de **0.989** y un **P-Valor 1.093x10<sup>-40</sup>**

3. Una aproximación a una curva potencial de grado 11:

$$y = 107.703 - 18.832x + 11.219x^2 + 3.171x^3 + 0.494x^4 - 0.046x^5 + 2.70110^{-3}x^6 - 1.021x10^{-4}x^7 + 2.484x10^{-6}x^8 - 3.762x10^{-8}x^9 + 3.226x10^{-10}x^{10} - 1.196x10^{-12}x^{11}$$

*Ecuación 11. aproximación a una curva potencial de grado empleando Mathematica v12*

**Fuente:** El Autor



*Figura 62. Ajuste de curvas empleando el Software Mathematica v12*

**Fuente:** El Autor

El mismo que proporciona un coeficiente de Pearson (PearsonCorrelationTest []) en Mathematica) de **0.997** y un **P-Valor  $4.358 \times 10^{-54}$**

#### 4.4.4. COMPORTAMIENTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA

En la gráfica 63 se puede apreciar el comportamiento de la variable ambiental (Presión Atmosférica), en función del tiempo, para ello se realizó el ajuste de curvas correspondiente obteniéndose las siguientes tablas y gráficas mostradas a continuación.

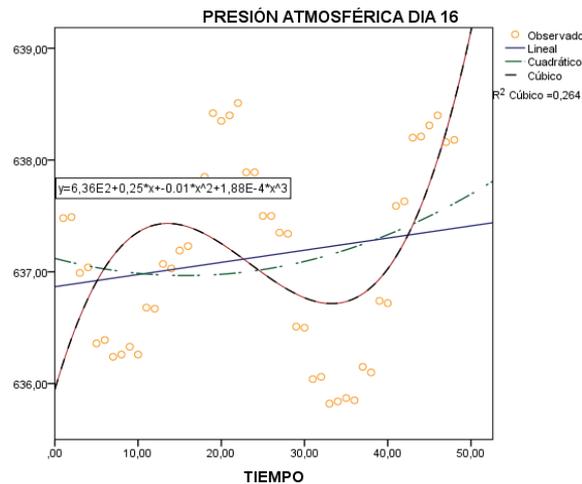


Figura 63. Comportamiento de la Presión Atmosférica empleando el software SPSS

*Fuente:* El Autor

Tabla 13. Resumen del modelo y estimaciones de parámetros con respecto a la Presión Atmosférica

Variable dependiente: Presión Atmosférica día 16

Ecuación	R cuadrado	Resumen del modelo				Estimaciones de parámetro			
		F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	,032	1,525	1	46	,223	636,867	,011		
Cuadrático	<b>,048</b>	1,136	2	45	,330	637,120	-,020	,001	
Cúbico	,264	5,268	3	44	,003	635,947	,254	-,013	,000

La tabla 13 se muestran los diferentes de coeficientes de correlación obtenidos, para realizar un ajuste de curvas, determinando el coeficiente de correlación más idóneo, se determinó que el coeficiente de correlación cuadrático no es satisfactorio debido a que posee un valor muy bajo con un valor de 0.48.

La ecuación que rige al comportamiento de esta variable ambiental se detalla a continuación, la misma que fue obtenida mediante el ajuste de curvas correspondiente.

$$y = 6.36x10^2 + 0.25x - 0.01x^2 + 1.88x10^4x^3$$

*Ecuación 12. Modelo Matemático del comportamiento de la Presión Atmosférica*

**Fuente:** El Autor

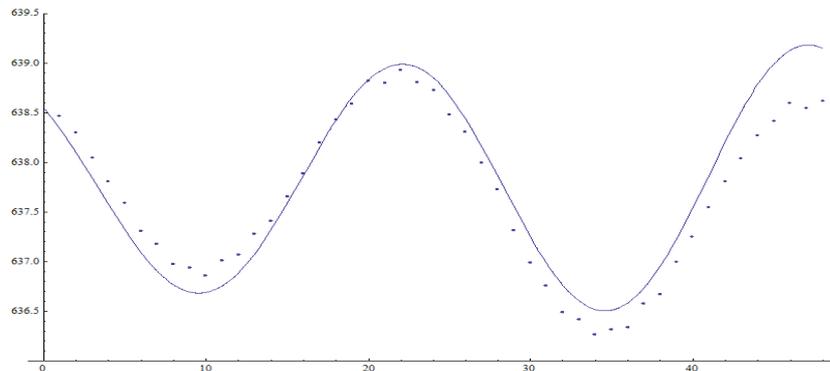
Utilizando nuevamente la teoría de ajuste de curvas y el programa Wólffram Mathematica v 12.0 con el comando Fit [] se encuentran dos curvas que ajustan mejor los datos de la presión atmosférica:

1. Una aproximación empleando un oscilador amortiguado:

$$y = 673.792 - 1.2e^{-0.1+0.006(-5.95-x)} \text{Sin}[2.45 - 0.251(-5.95 + x)]$$

*Ecuación 13. aproximación empleando un oscilador amortiguado*

**Fuente:** El Autor



*Figura 64. Ajuste de curvas empleando el Software Mathematica v12*

**Fuente:** El Autor

El mismo que proporciona un coeficiente de Pearson (PearsonCorrelationTest [] en Mathematica) de **0.958** y un **P- Valor 1.207x10<sup>-26</sup>**

#### **4.4.5. AJUSTE DE CURVAS DE VARIABLES AMBIENTALES PROMEDIADAS EN UN MES**

Se estableció una base de datos real tomando el promedio de cada una de las horas y se encontraron los siguientes resultados **VER ANEXO 4**.

De los datos obtenidos de las variables ambientales promediadas (temperatura, humedad, presión atmosférica) durante 30 días se realizó un ajuste de curvas, con respecto al tiempo

#### 4.4.6. AJUSTE DE CURVAS CON VALORES PROMEDIADOS (TEMPERATURA)

En la gráfica 65 se puede apreciar el comportamiento de la temperatura en función del tiempo, a continuación, se detalla el ajuste de curvas correspondiente realizados, para esta variable ambiental.

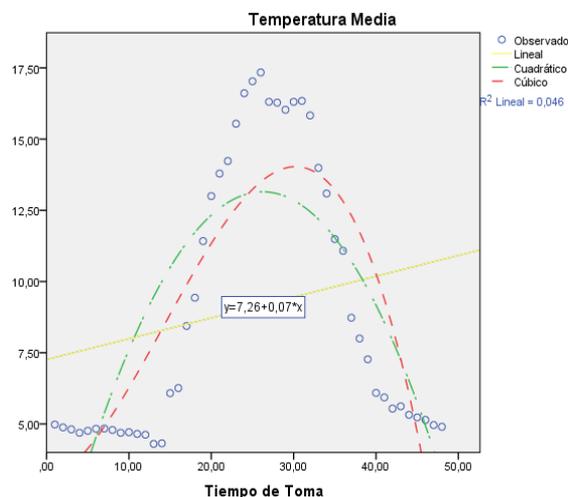


Figura 65. Temperatura promedio empleando el software SPSS

Fuente: El Autor

Tabla 14. Resumen del modelo y estimaciones de parámetro con respecto a la Temperatura

Variable dependiente: Temperatura Media

Ecuación	R cuadrado	Resumen del modelo				Estimaciones de parámetro			
		F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	,046	2,229	1	46	,142	7,262	,073		
Cuadrático	,632	38,636	2	45	,000	-1,320	1,103	-,021	
Cúbico	<b>,722</b>	38,180	3	44	,000	2,929	,113	,029	-,001

En la tabla 14 se muestran los coeficientes de correlación obtenidos (lineal, cuadrático, cúbico), para realizar el ajuste de curvas correspondientes, obteniendo que el coeficiente de correlación más idóneo es cúbico con un valor de 0.722, determinando un ajuste de curvas satisfactorio debido a que el ideal es 1.

La ecuación que rige al comportamiento de esta variable ambiental se detalla a continuación, la misma que fue obtenida mediante el ajuste de curvas correspondiente.

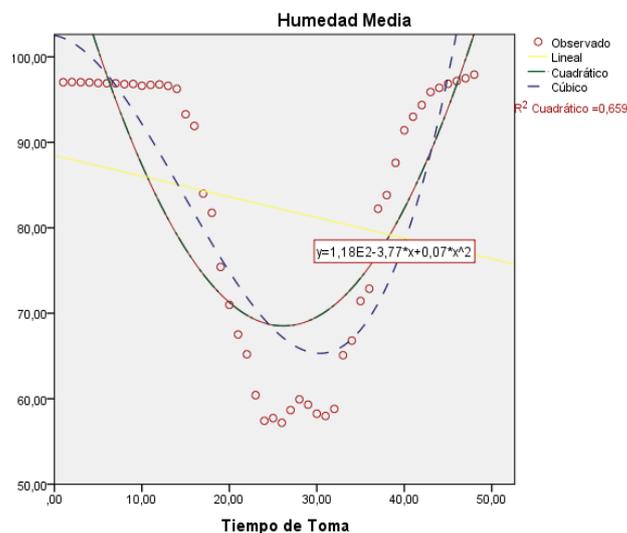
$$y = 7.26 + 0.007x$$

*Ecuación 14. Modelo Matemático del comportamiento de la Presión Atmosférica*

**Fuente:** El Autor

#### 4.4.7. AJUSTE DE CURVAS CON VALORES PROMEDIADOS (HUMEDAD)

En la gráfica 66 se puede apreciar el comportamiento de la variable ambiental (Humedad), en función del tiempo, para ello se realizó el ajuste de curvas correspondiente obteniéndose las siguientes tablas y gráficas mostradas a continuación.



*Figura 66. Humedad promedio*

**Fuente:** El Autor

*Tabla 15. Resumen del modelo y estimaciones de parámetro con respecto a la Humedad*

Variable dependiente: Humedad Media

Ecuación

Resumen del modelo

Estimaciones de parámetro

	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Líneal	,045	2,183	1	46	,146	88,459	-,242		
Cuadrático	,659	43,578	2	45	,000	117,830	-3,766	,072	
Cúbico	<b>,765</b>	47,711	3	44	,000	102,505	-,196	-,108	,002

En la a Tabla 15, se pueden apreciar los diferentes coeficientes de correlación obtenidos determinando el coeficiente de correlación más idóneo para su ajuste de curvas correspondiente, determinando que el coeficiente de correlación cubico con un valor de 0.765, determinando así un ajuste de curvas medianamente satisfactorio debido a que el ideal es 1. La ecuación que rige al comportamiento de esta variable ambiental se detalla a continuación, la misma que fue obtenida mediante el ajuste de curvas correspondiente.

$$y = 1.18x10^2 - 3.77x + 0.07x^2$$

*Ecuación 15. Modelo Matemático del comportamiento de la Humedad*

**Fuente:** El Autor

#### 4.4.8. AJUSTE DE CURVAS CON VALORES PROMEDIADOS (PRESIÓN ATMOSFÉRICA)

En la gráfica 67 se puede apreciar el comportamiento de la variable ambiental (Presión Atmosférica), en función del tiempo, para ello se realizó el ajuste de curvas correspondiente obteniéndose las siguientes tablas y gráficas mostradas a continuación.

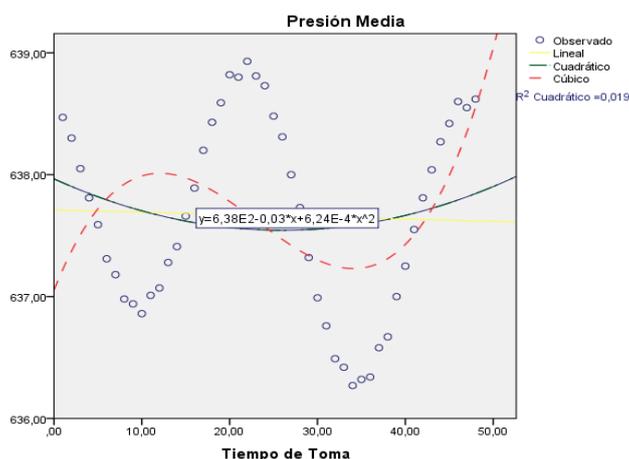


Figura 67. Presión Atmosférica promedio empleando el Software SPSS

**Fuente:** El Autor

Tabla 16. Resumen del modelo y estimaciones de parámetro con respecto a la Presión Atmosférica

Variable dependiente: Presión Media

Ecuación	R cuadrado	Resumen del modelo				Estimaciones de parámetro			
		F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	,001	,050	1	46	,824	637,711	-,002		
Cuadrático	,019	,442	2	45	,645	637,965	-,032	,001	
Cúbico	,167	2,937	3	44	,044	637,052	,180	-,010	,000

La tabla 16 se muestran los diferentes coeficientes de correlación obtenidos, para realizar un ajuste de curvas, determinando el coeficiente de correlación más idóneo, se determinó que el coeficiente de correlación cuadrático no es satisfactorio debido a que posee un valor muy bajo con un valor de 0.19.

$$y = 6.36x10^2 - 0.03x + 6.24x10^{-4} - 4x^3$$

*Ecuación 16. Modelo Matemático del comportamiento de la Presión Atmosférica*

**Fuente:** El Autor

#### 4.5. CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES AMBIENTALES

Se realizó una correlación con las variables ambientales tomadas en cuenta para su estudio para determinar si alguna de estas variables está relacionada la una con la otra, tomadas de la base de datos promedio, con el fin de determinar si existe alguna relación entre ellas, para ello se determinaron las siguientes pruebas de hipótesis:

$H_0$ = Temperatura promedio esta correlacionada con la Humedad promedio

$H_i$ = No están correlacionadas

Tabla 17. Correlaciones (Temperatura)

		Temperatura Media	Humedad Media
Temperatura Media	Correlación de Pearson	1	<b>-,997**</b>
	Sig. (bilateral)		,000
	N	48	48
Humedad Media	Correlación de Pearson	-,997**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	48	48

Se realizó una correlación entre las variables Temperatura y Humedad, determinando de esa manera, que existe una correlación entre estas variables ambientales, obteniéndose un coeficiente de correlación de Pearson elevado de = -0.997, por tanto, se avala la Hipótesis nula;

#### 4.6. CORRELACIÓN ENTRE LA TEMPERATURA - HUMEDAD EMPLEANDO WOLFRAM MATHEMATICA v12

Utilizando nuevamente la teoría de ajuste de curvas y el programa Wólffram Mathematica v 12.0 con el comando Fit [] se encuentran una correlación de dos curvas que ajustan mejor los datos para un modelo temperatura – humedad con una aproximación lineal entre los datos; es decir,  $H(T) = A T + B$

**Relación entre la Temperatura y Humedad es:**

$$H = -3.31 T + 113.18$$

*Ecuación 17. Relación Temperatura-Humedad*

**Fuente:** El Autor

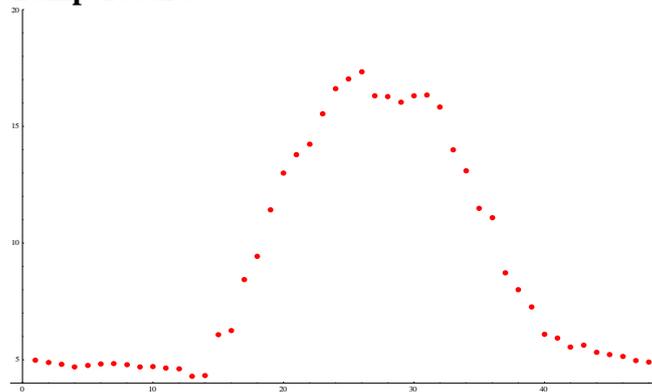
o lo que es equivalente

$$T = 34.193 - 0.302 H$$

*Ecuación 18. Ecuación 19. Relación Temperatura-Humedad*

*Fuente: El Autor*

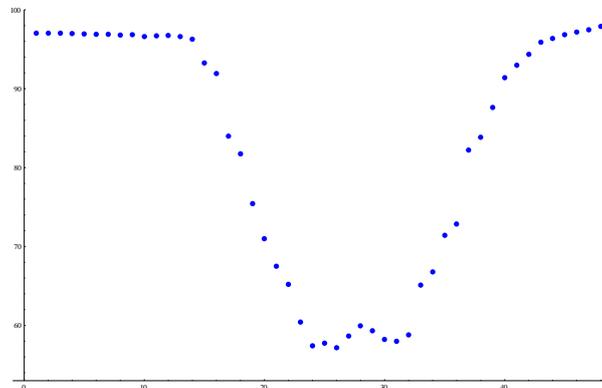
### Datos Reales Temperatura



*Figura 68: Grafica de la Temperatura con datos reales empleando el Software Mathematica v12*

*Fuente: El Autor,*

### Datos Reales Humedad



*Figura 69: Grafica de la Humedad con datos reales empleando el Software Mathematica v12*

*Fuente: El Autor*

Relación entre Temperatura y Humedad (Rojo valores reales de la humedad y azul valores de la humedad obtenidos con el modelo)

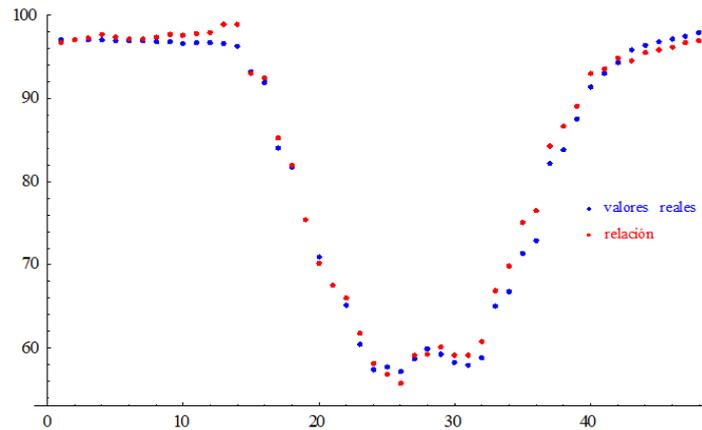


Figura 70. Correlación Temperatura vs Humedad empleando el Software Mathematica v12

*Fuente:* El Autor

El mismo que proporciona un coeficiente de Pearson (PearsonCorrelationTest [] en Wolfram Mathematica v12) de **0.996** y un **P- Valor  $2.002 \times 10^{-52}$**

#### 4.7.COMPARACIÓN DE MEDIAS ENTRE VARIABLES

Tabla 18: categorización de variables ambientales.

**(VER ANEXO 9)**

Con el fin de determinar si entre alguno de los segmentos analizados, estos poseen ciertas similitudes, al día se lo dividió en 4 intervalos:

00:00 – 06:00

06:00 – 12:00

12:00 – 18:00

18:00 – 24:00

De esta manera, se realizó la comparación de sus medias a través de una prueba ANOVA, diferentes con el fin de avalar las siguientes pruebas de Hipótesis, a continuación, se muestra una tabla con datos ambientales Promedio categorizadas por rango **VER ANEXO 10.**

#### Pruebas de Hipótesis

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_i = \mu_j \neq \mu_k \quad j, k = 1, 2, 3, 4$$

P valor

$$P > 0.05 = H_0$$

$$P < 0.05 = H_i$$

*Tabla 19. ANOVA TEMPERATURA MEDIA*

Temperatura Media

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P valor
Entre grupos	825,041	3	275,014	50,401	<b>,000</b>
Dentro de grupos	240,088	44	5,457		
Total	1065,129	47			

Los resultados obtenidos con el P valor determinan un coeficiente de 0.00, determinando que si:

$$P < 0.05$$

entonces, se avala la Hipótesis Alternativa, la misma que se detalla en la tabla 19

*Tabla 20. Temperatura Media*

HSD Tukey<sup>a, b</sup>

Rango	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
mañana	12	4,7708		
noche	12	6,0608		
medio día	11		9,7100	
tarde	13			15,2100
Sig.		,537	1,000	1,000

La tabla 20 similitud de rangos: temperatura mañana - noche.

#### **4.8.PRUEBAS POST-HOC (TEMPERATURA)**

La existencia de la diferencia de medias hizo que se realizara un estudio POST-HOC para determinar los subgrupos de medias iguales entre sí, cuyos resultados obtenidos fueron los siguientes.

*Tabla 21: Pruebas POST-HOC*

**(VER ANEXO 7)**

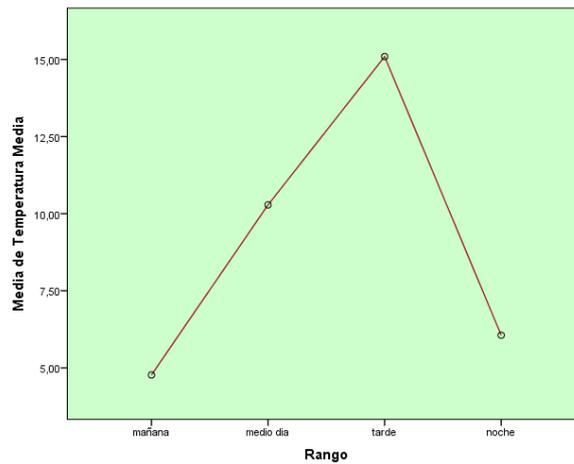


Figura 71. Gráfica de Medias de la Temperatura empleando el software SPSS

**Fuente:** El Autor

En el gráfico 71 se muestra las relaciones entre los diferentes subgrupos de medias, mostrándose estadísticamente iguales el día con respecto al de la noche.

Tabla 22. ANOVA HUMEDAD MEDIA

Humedad Media					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P valor
Entre grupos	9469,077	3	3156,359	57,159	<b>,000</b>
Dentro de grupos	2429,715	44	55,221		
Total	11898,792	47			

Los resultados obtenidos con el P valor determinan un coeficiente de 0.00, determinando que si:

$$P < 0.05 = H_i$$

Por ende, se avala la Hipótesis Alternativa, la misma que se detalla en la tabla 22

Tabla 23. Humedad Media

HSD Tukey <sup>a, b</sup>				
Rango	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
tarde	13	61,6523		
medio día	11		80,3045	
noche	12			92,8417
mañana	12			96,8833

Sig.	1,000	1,000	,549
------	-------	-------	------

La tabla 23 muestra que la variable Temperatura tiene un comportamiento similar tanto en la noche como en la mañana.

#### 4.8.1. PRUEBAS POST-HOC (HUMEDAD)

Puesto que existe diferencia de medias se realizó un estudio POST-HOC para determinar los subgrupos de medias iguales entre sí, cuyos resultados obtenidos fueron los siguientes, **VER ANEXO 8**.

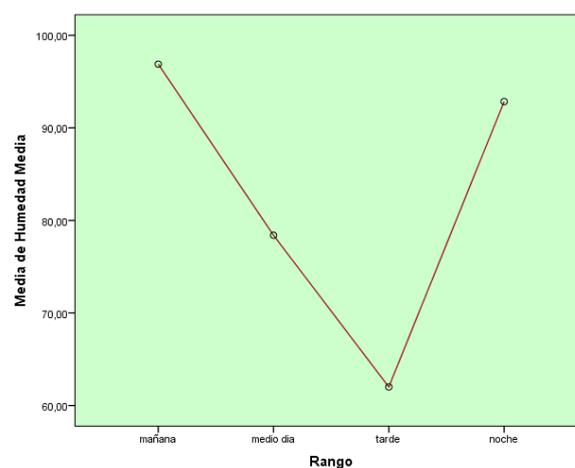


Figura 72. Grafica de Medias de la Humedad empleando el software SPSS

*Fuente:* El Autor

En el grafico 72 se muestra las relaciones entre los diferentes subgrupos de medias, mostrándose estadísticamente iguales entre el rango de la noche y la mañana.

Tabla 24. ANOVA DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Presión Media	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P valor
Entre grupos	6,804	3	2,268	4,271	<b>,010</b>
Dentro de grupos	23,362	44	,531		
Total	30,166	47			

Los resultados obtenidos con el P valor determinan un coeficiente de 0.10, determinando que si:

$$P < 0.05 = H_i$$

Por ende, se avala la Hipótesis Alternativa, la misma que se detalla en la tabla 24.

Tabla 25. Presión Media

HSD Tukey<sup>a, b</sup>

Rango	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
tarde	13	637,2431	
mañana	12	637,4642	637,4642
noche	12	637,7800	637,7800
medio día	11		638,2564
Sig.		,286	,051

#### 4.8.2. PRUEBAS POST-HOC (PRESIÓN ATMOSFÉRICA)

Puesto que también existe diferencia de medias se realizó un estudio POST-HOC para determinar los subgrupos de medias iguales entre sí, cuyos resultados obtenidos fueron los siguientes, ver ANEXO 9.

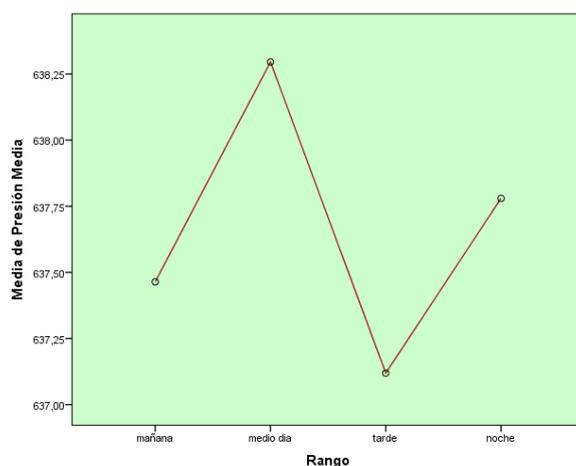


Figura 73. Grafica de Medias de la Presión Atmosférica empleando el software SPSS

*Fuente:* El Autor

En el grafico 73 se muestra las relaciones entre los diferentes subgrupos de medias, mostrándose que existe similitud entre el rango de la noche y la mañana.

#### 4.8.3. DIAGRAMA DE CAJAS

Para una comparación de medias entre variables, se procedió a realizar un análisis mediante diagrama de caja, para determinar puntos críticos del comportamiento de las variables analizadas.

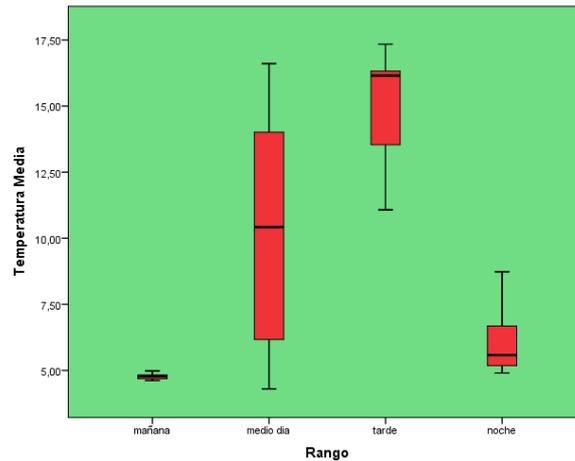


Figura 74. Diagrama de caja de la Temperatura empleando el software SPSS

*Fuente:* El Autor

La figura 74 muestra el comportamiento de la temperatura con respecto a los diferentes rangos de establecidos, se puede apreciar puntos críticos como:

- Temperatura baja
- Temperatura media
- Temperatura alta

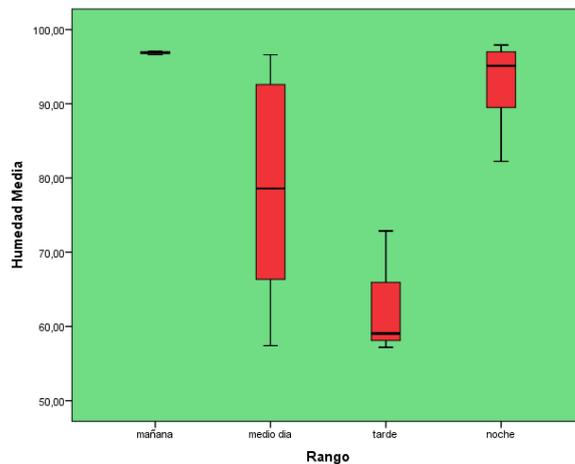
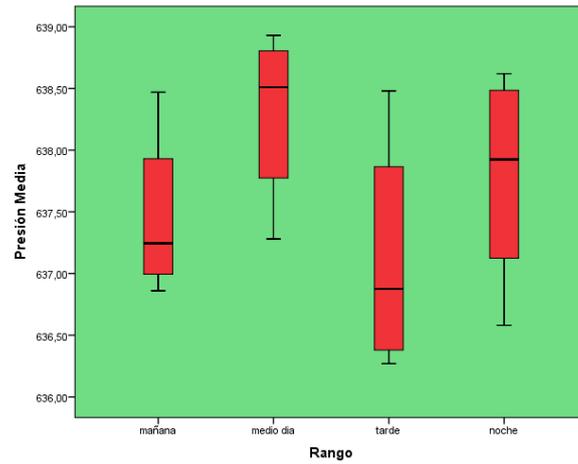


Figura 75. Gráfica de Medias de la Humedad empleando el software SPSS

*Fuente:* El Autor

La figura 75 muestra el comportamiento de la humedad con respecto a los diferentes rangos de establecidos, se puede apreciar puntos críticos como:

- Humedad baja
- Humedad media
- Humedad alta



*Figura 76.* Grafica de Medias de la Presión Atmosférica empleando el software SPSS

*Fuente:* El Autor

Siguiendo en esta línea, la figura 76 muestra el comportamiento de la presión atmosférica, con respecto a los diferentes rangos de establecidos, se puede apreciar puntos críticos como:

- presión atmosférica baja
- presión atmosférica media
- presión atmosférica alta

#### 4.9.INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

En el páramo existe humedad debido a la altura y alto índice de nubosidad, la mayoría de esta humedad presente en el medio es debido estos factores. La no existencia de fuentes de agua cercanas a la piscina hace rápidamente que se evapore la humedad presente.

Teniendo en cuenta que los rayos del sol ingresan perpendicularmente a la Tierra en las zonas ecuatoriales, existe un aumento significativo de la temperatura (sobre todo en las horas del medio día), por tanto, la humedad presente disminuye. Existen algunas maneras de evitar estos factores como, por ejemplo: crear pilares de retención y condensación de agua utilizando membranas, modificar la forma de las piscinas a una forma exagonal, cubrir el fondo de las piscinas con un manto de paja y sobre todo no dañar el ecosistema páramo alrededor de las piscinas.

Aún así y pese a la posición geográfica en que nos encontramos (Zona Ecuatorial), no existen cambios tan bruscos de temperatura. Evidentemente al medio día la temperatura oscila alrededor del máximo mientras que al inicio y al final del día la temperatura toma valores bajos.

Existe una fuerte correlación entre temperatura y humedad debido a que a menor temperatura existe mayor humedad, pero cabe recalcar que la humedad no depende solamente de la temperatura, la humedad depende de todas las condiciones climáticas del entorno (presión, insidencia de los rayos solares, contaminación atmosférica, velocidad del viento, presipitaciones, etc.)

Una posible relación matemática aplicada a este lugar es la siguiente:

$$H = -3.31 T + 113.18$$

Esto podría ser una ley física, pero para demostrarlo científicamente necesitamos los datos de almenos un año y además replicar este tecnología y método desarrollados en diferentes lugares del país y fuera de éste.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

El resultado de este estudio científico, basado en resultados reales y científicamente avalados e interpretados, permite concluir:

- Se creó e implementó la mini estación meteorología como cumplimiento del objetivo planteado empleando las diferentes disciplinas que se requirieron para su elaboración.
- Los datos temperatura e incidencia de radiación solar revelan que la forma mas eficiente de la piscina debería ser hexagonal. Una piscina rectangular es iluminada completamente en una de sus paredes verticales, mientras que una piscina hexagonal tendría iluminadas, a lo largo del día, al menos tres de sus paredes verticales evitado además reflexiones múltiples y difusas que podrían acelerar el proceso de evaporación de la humedad. La forma rectangular de la piscina determinó una única posición para el levantamiento de la mini estación meteorológica. Una piscina hexagonal tendría al menos tres puntos para la ubicación de la misma.
- Con los datos obtenidos se pudo comprobar que existe una fuerte correlación entre las variables ambientales temperatura y humedad, tanto así que se pudo encontrar una relación lineal entre ellas, una posible ley física:

$$H = -3.31 T + 113.18$$

El encontrar esta relación establece que el comportamiento de las variables ambientales en la piscina no es caótico por lo tanto se puede predecir y modelar el comportamiento de estas variables.

- Las piscinas fueron elaboradas artesanalmente basadas en unos conocimientos ancestrales. Sin embargo, la lluvia y la humedad condensada se filtran eventualmente hacia un desfogue unos 400m hacia la parte baja de la montaña. No es claro, según este estudio, (esto por la variable caudal) que toda el agua filtrada se concentre en dicho desfogue lo que significa que las piscinas deberán ser optimizadas.
- Para poder replicar esta tecnología y método en otros lugares será necesario analizar la data de al menos un año. De esa manera se tendrá mayor confiabilidad, por cuanto en un año se tendrán los datos de las variables ambientales de todas las posibles estaciones climáticas (verano-invierno...).

## 5.2.RECOMENDACIONES

Después de terminar esta investigación, de analizar e interpretar los resultados y sobre todo de tener conclusiones claras, se pueden sugerir algunas recomendaciones para ser tomadas en cuenta en un corto plazo.

- Se sugiere continuar con la recolección de datos durante un año para, de esta manera, analizarlos e interpretarlos con este método a fin de obtener una mejor confiabilidad. Parte de este trabajo lo están realizando ya 2 estudiantes tesistas: Diana Villacrés Bonilla y Emerson Males Flores, estudiantes de 9no semestre de la escuela de Tecnologías de la Información de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo. El resultado final será un trabajo en conjunto con mi tutor, el Dr. Klever Torres, y la fundación Ecosur
- Para continuar con la creación de una estación meteorológica completa, se deberán (a corto plazo) aumentar el número de sensores: anemómetro, pluviómetro, Phimetro, sismógrafo, etc. para de esa manera tener más variables que nos ayuden al estudio y la sustentabilidad de los datos. Parte de esto lo realizarán los estudiantes de Tecnologías de la Información como parte de su tesis de pregrado
- Será necesario realizar un análisis adecuado de calidad del agua recolectada por las piscinas en al menos 3 puntos: en la piscina *in situ*; primer desfogue 400m bajo la montaña; y punto de recolección final en el reservorio de la comunidad de Valparaíso. Este sería el punto de partida para mejorar el uso, distribución y destino de este recurso recolectado.
- Se sugiere también replicar esta tecnología en las otras piscinas aledañas al sector. En otras comunidades con similares condiciones ambientales y sobre todo fuera del país. Esto último será posible con la ayuda de la Unach y cooperación de la fundación Ecosur
- Si se decide construir las piscinas aún con forma rectangular, se deberá siempre tomar en cuenta la orientación de la piscina, debido a que la incidencia de la radiación solar repercute en el funcionamiento óptimo el panel fotovoltaico. Esto sería, como ya se dijo antes, menos problemático si las piscinas tienen forma hexagonal (no importaría la orientación de la piscina).

## BIBLIOGRAFÍA

- Aida. (2013). Obtenido de <https://aida-americas.org/es/blog/p%C3%A1ramos-agua-vida>
- Arduino, A. (2016). Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/11/06/electronica-sensores-actuadores-y-perifericos/>
- Arduino, A. (2017). *Aprendiendo Arduino*. Obtenido de Aprendiendo Arduino: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2017/07/09/i2c/>
- Arduino.Cl. (2017). *Arduino.Cl*. Obtenido de Arduino.Cl: <https://arduino.cl/arduino-mega-2560/>
- Association, N. O. (2018). *National Oceanic and Atmospheric Association*. Obtenido de National Oceanic and Atmospheric Association: <http://www.wrh.noaa.gov/slc/projects/wxcalc/formulas/pressureAltitude.pdf>
- B.L, J. (2004). *Energia Solar*. Barcelona: CEAC.
- Berkeley), K. A. (2013). Prácticas ancestrales de crianza de agua. En K. A. Berkeley), *Prácticas ancestrales de crianza de agua*. Riobamba.
- Byron Arteaga, H. G. (2013). Obtenido de <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/89877.pdf>
- Cedia. (2019). *Cedia*. Obtenido de Cedia: <https://www.cedia.edu.ec/es/licencias-wolfram/wolfram-mathematica>
- Company, R. &. (2016). *Radio Comunicaciones*. Obtenido de Radio Comunicaciones: <http://www.radiocomunicaciones.net/radio/radio-enlace-que-es-un-radioenlace/>
- Comunicaciones, R. (2016). Obtenido de <http://www.radiocomunicaciones.net/radio/radio-enlace-que-es-un-radioenlace/>
- CONELEC. (s.f.). Obtenido de [energia.org.ec/cie/wp-content/uploads/2017/09/AtlasSolar.pdf](http://energia.org.ec/cie/wp-content/uploads/2017/09/AtlasSolar.pdf)
- Definición, C. (2016). Obtenido de <https://conceptodefinition.de/analisis-de-datos/>
- Democracia. (12 de 2018). *Democracia*. Obtenido de <https://www.diariodemocracia.com/locales/junin/73746-problematika-agua-nivel-mundial/>
- Electronilab. (2017). *Electronilab*. Obtenido de Electronilab: <https://electronilab.co/tienda/sensor-de-temperatura-y-humedad-dht21-am2301/>
- ELECTRONILAB. (s.f.). *ELECTRONILAB*. Obtenido de ELECTRONILAB: <https://electronilab.co/tienda/modulo-lm2596-convertidor-de-voltaje-dc-dc-buck-1-25v-35v/>
- E-TOOLS. (2017). *E-TOOLS*. Obtenido de E-TOOLS: <https://www.electrontools.com/Home/WP/2016/03/30/funcionamiento-de-un-sensor-de-temperatura/>
- Fields, S. (2017). *Sun Fields*. Obtenido de Sun Fields: <https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/solarworld/>
- Goff, J. G. (1946). Low Pressure properties of water from. En J. G. Goff, *Low Pressure properties of water from* (págs. 160-212). New York.
- Guimerans, P. (2017). *PrototipadoLab*. Obtenido de PrototipadoLab: <http://paolaguimerans.com/openeart/?p=1372>
- Guimerans, P. (05 de 2018). Obtenido de <http://paolaguimerans.com/openeart/?p=1372>
- Hacks, O. (04 de 04 de 2016). *Open Hacks*. Obtenido de Open Hacks: <https://www.openhacks.com/page/productos/id/41/title/Arduino-Ethernet-Shield-R3#.XEZWtM2ZI2w>
- HBM. (2018). *HBM*. Obtenido de HBM: <https://www.hbm.com/es/7646/que-es-un-sensor-de-presion/>

- Het-Pro. (21 de 06 de 2017). *Het-Pro*. Obtenido de Het-Pro: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/lcd-i2c-arduino-128x64/>
- Julieta C. Schallenberg Rodriguez, G. P. (2008). *Energías Renovables y Eficiencia Energetica*. Canarias . Obtenido de <http://www.cienciacanaria.es/files/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica.pdf>
- León, J. C. (12 de 09 de 2013). *Gestiopolis*. Obtenido de Gestiopolis: <https://www.gestiopolis.com/importancia-de-las-telecomunicaciones-en-el-comercio-internacional/>
- Llamas, L. (2013). Obtenido de <https://www.luisllamas.es/reloj-y-calendario-en-arduino-con-los-rtc-ds1307-y-ds3231/>
- Marcano, M. (24 de 01 de 2018). *issuu*. Obtenido de issuu: [https://issuu.com/mariamarcan1996/docs/la\\_investigacion\\_experimental\\_pdf](https://issuu.com/mariamarcan1996/docs/la_investigacion_experimental_pdf)
- Marquez, A. (20 de 05 de 2014). *Het-Pro*. Obtenido de Het-Pro: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-de-flujo/>
- Mechatronics, N. (2017). *Naylamp Mechatronics*. Obtenido de Naylamp Mechatronics: <https://naylampmechatronics.com/sensores-posicion-inerciales-gps/75-sensor-de-presion-bmp180.html>
- Motor, M. (2017). *Mundo Motor*. Obtenido de Mundo Motor: <https://www.mundodelmotor.net/sensor-de-temperatura/>
- newton.cnice*. (s.f.). Obtenido de newton.cnice: [http://newton.cnice.mec.es/materiales\\_didacticos/mcientifico/aulametodocientifico.pdf](http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/mcientifico/aulametodocientifico.pdf)
- Newton.cnice*. (s.f.). Obtenido de Newton.cnice: [http://newton.cnice.mec.es/materiales\\_didacticos/mcientifico/aulametodocientifico.pdf](http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/mcientifico/aulametodocientifico.pdf)
- Ovacen. (2018). Obtenido de <https://ecosistemas.ovacen.com/bioma/paramo/>
- Pais. (2017). *Pais* . Obtenido de [http://cultura.elpais.com/cultura/2014/12/03/actualidad/1417633766\\_145310.html](http://cultura.elpais.com/cultura/2014/12/03/actualidad/1417633766_145310.html)
- Pérez, E. L. (2017). *Ingeniería en Microcontroladores*. Obtenido de Ingeniería en Microcontroladores: <http://www.i-micro.com/pdf/articulos/spi.pdf>
- Proviento. (2018). *Proviento S.A*. Obtenido de Proviento S.A: <https://www.proviento.com.ec/baterias.html>
- Question, P. (2015). Obtenido de <https://www.questionpro.com/es/analisis-de-datos.html>
- QuestionPro. (2019). *QuestionPro*. Obtenido de QuestionPro: <https://www.questionpro.com/es/que-es-spss.html>
- Seminario IEEE*. (s.f.). Obtenido de Seminario IEEE: [http://profesores.fi-b.unam.mx/jlfl/Seminario\\_IEE/Metodologia\\_de\\_la\\_Inv.pdf](http://profesores.fi-b.unam.mx/jlfl/Seminario_IEE/Metodologia_de_la_Inv.pdf)
- Triola, M. F. (2018). *Estadística*. Mexico: Pearson Educación de México, S.A.
- Unidas, N. (2015). *Unidas, Naciones*. Obtenido de <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>
- Valarezo, D. (2017). *Evaluacion y orientaciónn del ángulo de inclinación óptimo de una superficie plana para maximizar la captación de irradiación solar en el Ecuador*. Cuenca.
- Victor D. Phillips, R. T. (s.f.). Obtenido de [http://licenciatura.iconos.edu.mx/k\\_angi/nueva/tienda/biblioteca/Manual%20Captacion%20de%20agua%20de%20lluvia.pdf](http://licenciatura.iconos.edu.mx/k_angi/nueva/tienda/biblioteca/Manual%20Captacion%20de%20agua%20de%20lluvia.pdf)
- Xataka. (09 de 04 de 2018). *Xataka*. Obtenido de <https://www.xataka.com/medicina-y-salud/el-gran-problema-del-agua>

## ANEXOS

Anexo 1: Tabla 26. Descripción de pines LCD 128x64

Esquema de pines		
Pin	Significado	Descripción
<b>VSS/GND</b>	Ground	Tierra.
<b>VDD/VCC</b>	Vin	Voltaje de entrada.
<b>V0</b>	Voltaje del driver del LCD	Ajusta el contraste del LCD ( $\leq 7.0v$ )
<b>RS</b>	Register Select	Tiene distintos propósitos si está trabajando en serie o en paralelo.
<b>R/W</b>	Read/write Line	En modo paralelo indica el tipo de operación (lectura/escritura), en modo serie se utiliza como entrada de datos.
<b>E</b>	Read /Write Enable	En modo paralelo es la señal de comienzo de actividad (lectura de datos/selección de operación), en modo serie es la señal de reloj.
<b>DB0-DB3</b>	Data Bus 0 Data Bus 3	Bits menos significativos en modo paralelo 8 bits.
<b>DB4-DB7</b>	Data Bus 4 Data Bus 7	Bits más significativos en modo paralelo 8 bits. Bus de datos en modo paralelo 4 bits.
<b>PSB</b>	Serial / Parallel Control Port	Selecciona el modo de funcionamiento (Serie/Paralelo).
<b>NC</b>	Not Connected	-
<b>RST</b>	Reset	-
<b>Vout</b>	Voltaje de Salida	-
<b>BLA</b>	BackLight (+)	Terminal positivo de retroiluminación (3.3v – 5.0v).
<b>BLK</b>	BackLight (-)	Terminal negativo de retroiluminación.

## ANEXO 2

Anexo 2: Tabla 27. Insolación Promedio en el Ecuador

Insolación Promedio en el Ecuador ( $wh/m^2/dia$ )			
Meses	Difusa	Directa	Global
<b>Enero</b>	2925	2265	4111
<b>Febrero</b>	3103	1828	4448
<b>Marzo</b>	3002	2172	4655
<b>Abril</b>	2840	2051	4360
<b>Mayo</b>	2557	2443	4276
<b>Junio</b>	2425	2520	4140
<b>Julio</b>	2467	2680	4308

<b>Agosto</b>	2658	2701	4624
<b>Septiembre</b>	2683	3063	4974
<b>Octubre</b>	2790	2820	4888
<b>Noviembre</b>	2690	3130	4943
<b>Diciembre</b>	2704	3038	4838

### ANEXO 3

Anexo 3: Ubicación de la estación meteorológica

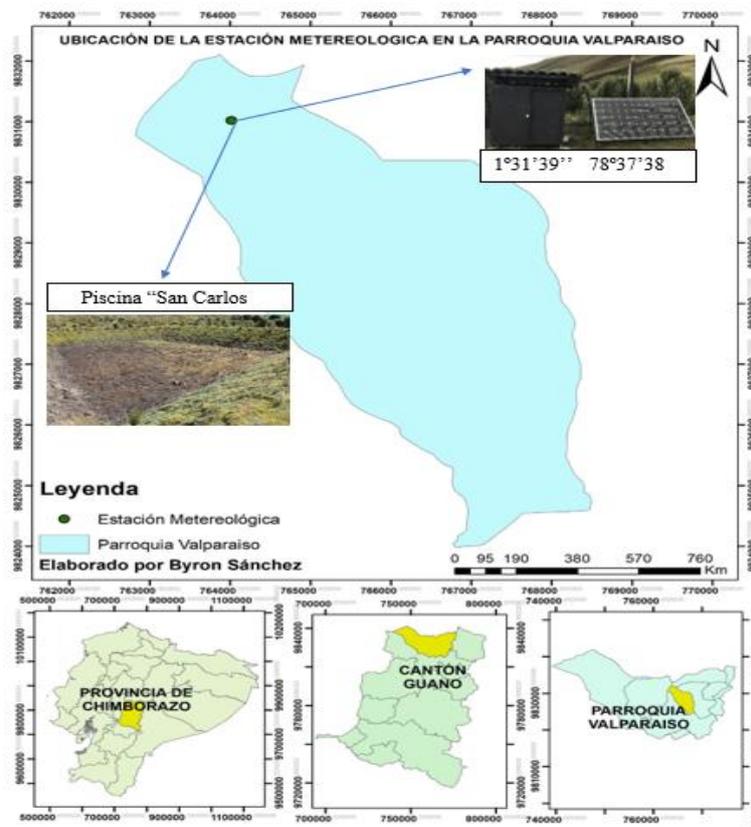


Figura 77. Ubicación de la mini-estación meteorológica

Fuente: El Autor

### ANEXO 4

Anexo 4: Tabla 18 Base de datos ambientales promedio

Temperatura Promedio	Humedad Promedio	Presión Atmosférica	Numero de Toma
4,98	97,03	638,47	1
4,88	97,05	638,30	2
4,81	97,03	638,05	3
4,69	97,01	637,81	4

4,76	96,94	637,59	5
4,83	96,91	637,31	6
4,84	96,90	637,18	7
4,79	96,80	636,98	8
4,69	96,83	636,94	9
4,71	96,62	636,86	10
4,65	96,71	637,01	11
4,62	96,77	637,07	12
4,30	96,61	637,28	13
4,32	96,25	637,41	14
6,08	93,28	637,66	15
6,26	91,91	637,89	16
8,44	84,00	638,20	17
9,43	81,75	638,43	18
11,42	75,42	638,59	19
13,00	70,99	638,82	20
13,79	67,52	638,80	21
14,23	65,20	638,93	22
15,54	60,42	638,81	23
16,61	57,42	638,73	24
17,03	57,73	638,48	25
17,34	57,19	638,31	26
16,31	58,67	638,00	27
16,28	59,93	637,73	28
16,03	59,31	637,32	29
16,31	58,25	636,99	30
16,34	57,98	636,76	31
15,83	58,81	636,49	32
13,99	65,09	636,42	33
13,09	66,80	636,27	34
11,49	71,43	636,32	35
11,08	72,87	636,34	36
8,73	82,23	636,58	37
8,00	83,83	636,67	38
7,27	87,60	637,00	39
6,09	91,41	637,25	40
5,93	92,99	637,55	41
5,54	94,36	637,81	42
5,62	95,89	638,04	43
5,32	96,37	638,27	44
5,23	96,85	638,42	45
5,14	97,16	638,60	46
4,96	97,49	638,55	47
4,90	97,92	638,62	48

## ANEXO 5

### Anexo 5: Oficio Solicitando el acceso a las piscinas de estudio



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
Carrera de Ingeniería en  
Tecnologías de la Información

Riobamba, Diciembre 14 de 2018  
Oficio N° 414- CITI-2018

Señor  
José Guamán  
**PRESIDENTE DE LA JUNTA PARROQUIAL VALPARAISO**  
**CANTON GUANO**

Presente.-

Nos dirigimos a usted extendiéndole un afectuoso saludo a la vez que comedidamente ponemos en su conocimiento que en Coordinación con la Fundación ECOSUR ECUADOR se ha considerado desarrollar un proyecto de investigación en la Zona de las Piscinas de Captación de Agua de Yanarumi con la finalidad de determinar cuantitativamente el grado de funcionalidad de dichas piscinas por medio de la instalación de una mini estación meteorológica. Por lo expuesto solicitamos formalmente los permisos de acceso a la Zona para la toma de datos meteorológicos. La información obtenida del proyecto será de dominio público y los resultados se socializarán con la Junta Parroquial de Valparaiso para su conocimiento y validación, lo que permitirá al corto y mediano plazo emprender proyectos conjuntos que promuevan la calidad de vida de la población.

Particular que le comunicamos para el fin pertinente.

Cordialmente



Ing. Jorge Delgado  
**DIRECTOR DE CARRERA**  
**INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

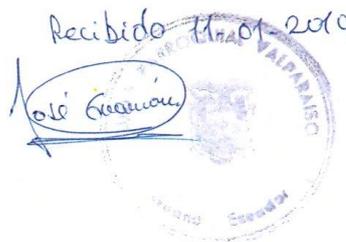


Ing. Deisy Inca  
**DIRECTOR DE CARRERA**  
**INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**



Dr. Iván Ríos  
**DIRECTOR DE CARRERA**  
**INGENIERÍA AMBIENTAL**

Recibido 14/12/2018  
José Guamán



**Figura 23. Ubicación geográfica de la mini estación meteorológica**

**Fuente: El Autor**

**ANEXO 6**

Anexo 6. Tabla 18 Datos ambientales Promedio categorizadas por rango

Temperatura Promedio	Humedad Promedio	Presión Promedio	Toma	Rango
4,98	97,03	638,47	1	1
4,88	97,05	638,30	2	1
4,81	97,03	638,05	3	1
4,69	97,01	637,81	4	1
4,76	96,94	637,59	5	1
4,83	96,91	637,31	6	1
4,84	96,90	637,18	7	1
4,79	96,80	636,98	8	1
4,69	96,83	636,94	9	1
4,71	96,62	636,86	10	1
4,65	96,71	637,01	11	1
4,62	96,77	637,07	12	1
4,30	96,61	637,28	13	2
4,32	96,25	637,41	14	2
6,08	93,28	637,66	15	2
6,26	91,91	637,89	16	2
8,44	84,00	638,20	17	2
9,43	81,75	638,43	18	2
11,42	75,42	638,59	19	2
13,00	70,99	638,82	20	2
13,79	67,52	638,80	21	2
14,23	65,20	638,93	22	2
15,54	60,42	638,81	23	2
16,61	57,42	638,73	24	3
17,03	57,73	638,48	25	3
17,34	57,19	638,31	26	3
16,31	58,67	638,00	27	3
16,28	59,93	637,73	28	3
16,03	59,31	637,32	29	3
16,31	58,25	636,99	30	3
16,34	57,98	636,76	31	3
15,83	58,81	636,49	32	3
13,99	65,09	636,42	33	3
13,09	66,80	636,27	34	3
11,49	71,43	636,32	35	3
11,08	72,87	636,34	36	3
8,73	82,23	636,58	37	4
8,00	83,83	636,67	38	4
7,27	87,60	637,00	39	4
6,09	91,41	637,25	40	4
5,93	92,99	637,55	41	4
5,54	94,36	637,81	42	4

5,62	95,89	638,04	43	4
5,32	96,37	638,27	44	4
5,23	96,85	638,42	45	4
5,14	97,16	638,60	46	4
4,96	97,49	638,55	47	4
4,90	97,92	638,62	48	4

## ANEXO 7

### Anexo 7. PROGRAMACION EN ARDUINO

```

#include <stdlib.h>
#include <SD.h>
#include <SPI.h> //libreria para shield ethernet
#include <Ethernet.h> //libreria para shield ethernet
#include <Wire.h> //libreria para DS3231
#include "RTClib.h" //libreria para DS3231
#include "U8glib.h" //libreria para GLCD
#include <SFE_BMP180.h> //libreria para Barometric BMP180
#include "DHT.h" //libreria para DHT21

// Definir parametros para el Shield Ethernet
byte mac[]={0xDE,0xAD,0xBE,0xEF,0xFE,0xED}; //MAC
IPAddress ip(192,168,1,12); //<<< INGRESE LA DIRECCION IP AQUI!!!
EthernetServer server(80); //<---Servidor del portico para shield Ethernet

String readString;
bool control = true;
double Tbmp180;
double Pbmp180;
double Abmp180;

float Tdht21;
float Hdht21;

char inChar;
int bandera=0;
// Definir parametros del sensor DHT21
#define DHTPIN 43 //pin conectado al DHT21
#define DHTTYPE DHT21 // DHT 21 (AM2301)
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

// Definir parametros del BMP180
SFE_BMP180 bmp180;
double PresionNivelMar = 1013.25; //presion sobre el nivel del mar en mbar

// Definir parametros del GLCD
U8GLIB_ST7920_128X64_1X u8g(46,44,42,48); //Enable, RW, RS, RESET

// Definir parametros RTC Ds3231
RTC_DS3231 rtc;
String daysOfTheWeek[7] = { "Domingo", "Lunes", "Martes", "Miercoles", "Jueves", "Viernes",
"Sabado" };

```

```

String monthsNames[12] = { "Enero", "Febrero", "Marzo", "Abril", "Mayo", "Junio",
"Julio", "Agosto", "Septiembre", "Octubre", "Noviembre", "Diciembre" };
unsigned long currentTime;
unsigned long loopTime;

// Definir parametros Sensor de Caudal
volatile int flow_frequency; //Mide el flujo mediante pulsos
unsigned int 1_hour; //Variable para calcular los litros/hora
unsigned int flujo; //Variable para calcular los litros/hora
unsigned char flowmeter = 2; //Pin del sensor de flujo

// Definir variables
int posicion = 0 ;
//-----
void u8g_prepare(void) //Inicializa el GLCD
{
  u8g.setFont(u8g_font_6x10);
  u8g.setFontRefHeightExtendedText();
  u8g.setDefaultForegroundColor();
  u8g.setFontPosTop();
}
//-----
void pantalla1 ()
{
  u8g.drawFrame(0,0,127,63);
  u8g.setFont (u8g_font_5x8);
  u8g.drawStr( 2, 8, " DATOS AMBIENTALES ");
  sensorBMP180();
  u8g.setPrintPos (2, 20 );
  u8g.print ("T=");
  u8g.print (Tbmp180);
  u8g.print(" oC");

  u8g.print (" P=");
  u8g.print (Pbmp180);
  u8g.print(" mb");

  u8g.setPrintPos (4, 28 );
  u8g.print ("A=");
  u8g.print (Abmp180);
  u8g.print(" m");

  sensorDHT21();
  u8g.setPrintPos (2, 40 );
  u8g.print ("T=");
  u8g.print (Tdht21);
  u8g.print(" oC");

  u8g.print (" H=");
  u8g.print (Hdht21);
  u8g.print(" %");

  sensorCaudal();
  u8g.setPrintPos (4, 50);
  u8g.print ("Caudal =");

```

```

u8g.print (l_hour);
u8g.print(" L/hora");
fechahora();
}
//-----
void flow ()          // Funcion de Interrupcion
{
    flow_frequency++;
}
//-----
void setup(void)
{
    pinMode(flowmeter, INPUT);
    pinMode(13, OUTPUT);
    digitalWrite(13, HIGH);
    Serial.begin(9600);
    u8g.begin();
//-----
    if (!rtc.begin())
    {
        Serial.println(F("No encuentra el RTC"));
    }
// Si se ha perdido la corriente, fijar fecha y hora
    if (rtc.lostPower())
    {
        // Fijar a fecha y hora de compilacion
        rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
        // Fijar a fecha y hora especifica. En el ejemplo, 21 de Enero de 2016 a las 03:00:00
        // rtc.adjust(DateTime(2019, 2, 1, 11, 18, 40));
    }
// rtc.adjust(DateTime(2019, 2, 1, 17, 14, 50)); //igualar RTC
//-----
    if (bmp180.begin())
        Serial.println("BMP180 iniciado");
    else
    {
        Serial.println("Error al iniciar el BMP180");
    }
//-----
    Serial.println("DHTxx test!");
    dht.begin();
//-----
    Ethernet.begin(mac, ip);
    server.begin();
//-----
    while (!Serial) ;    // wait for serial port to connect. Needed for Leonardo only
    Serial.print("Probando SD card...");
    pinMode(10, OUTPUT);    // Esto es necesario aunque creas que no lo usas.
    digitalWrite(10,HIGH);
    if (!SD.begin(4))
    { Serial.println("No hay tarjeta");
//      return; // NO sigas
    }
    Serial.println("Sd encontrada.");
//-----

```

```

attachInterrupt(0, flow, RISING); //Interrupcion para el sensor de flujo
currentTime = millis();
cloopTime = currentTime;
sei(); //Habilita interrupciones
}
//-----
void loop(void)
{
  revisarUart();
  u8g.firstPage();
  u8g_prepare();
  do
  {
    pantalla1();
  } while(u8g.nextPage());
  revisarUart();
  // Crea una conexion cliente
  //+++++
  EthernetClient client = server.available();
  if (client)
  {
    while (client.connected())
    {
      if (client.available())
      {
        char c = client.read();
        //lee caracteres del HTTP
        if (readString.length() < 100) {
          //almacena los caracteres en el string
          readString += c;
        }
        //Si a finalizado lectura de datos
        if (c == '\n') {
          ////////////
          /* Inicia seccion HTML Section*/
          client.println("HTTP/1.1 200 OK"); //Manda nueva pagina
          client.println("Content-Type: text/html");
          client.println("Connection: close");
          client.println();
          client.println("<meta http-equiv=\"refresh\" content=\"5\">");
          client.println("<HTML>");
          client.println("<head>");
          client.println("<title>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</title>");
          client.println("</head>");
          client.println("<body width=100% height=100%>");
          client.println("<body bgcolor=\"#D0D0D0\">");
          client.println("<center>");
          client.print("<B><span style=\"color: #3399cc;\">");
          client.println("<h1> UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</h1>");
          client.println("<h1> FACULTAD DE INGENIERIA </h1>");
          client.println("<h1> ESCUELA DE ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES
</h1>");
          client.println("<h1> ECOSUR - ECUADOR </h1>");
          client.println("<h1>Monitoreo de Sensores mediante Ethernet </h1>");
          client.print("</span></B> ");

```

```

client.print("</center>");
// client.print("<left>");
client.print("La siguiente pagina Web le ayudara al usuario monitorear las condiciones
Ambientales");
client.print("<br>");
client.print("El Sistema de Adquisicion de datos monitoreara: Temperatura-Humedad-
Presion Atmosferica-Caudal. ");
// client.print("</left>");
client.println("<hr/>");
client.print("<center>");
client.print("Monitoreo de Sensores en Tiempo Real");
client.print("</left>");
client.println("<hr/>");
client.print("<center>");
client.print("Autor: Dr. Paul Moreno-Ing Diego Coloma-Dr. Marlon Basantes-Dr Leonardo
Renteria- Dr Klever Torres-Sr Eduardo Sanchez");

//*****
client.println("<table border=\"5\">");
client.println("<tr>");
//client.print("<td> <B><span style=\"color: #fa8072;\"> " &nbsp; El sensor de Temperatura
esta en = ");
client.print("<td> <B><span style=\"color: #FF0000;\"> " &nbsp; Temperatura = ");
sensorBMP180();
client.print(Tbmp180);
client.println(" &deg; C &nbsp;");
client.print("</span></B> ");
client.print("</td>");

client.print("<br>");
//client.print("<td> <B><span style=\"color: #87cefa;\"> " &nbsp; El Sensor de Humedad esta
en = ");
client.print("<td> <B><span style=\"color: #0000FF;\"> " &nbsp; Presion = ");
client.print(Pbmp180);
client.println(" mb &nbsp;");
client.print("</span></B> ");
client.print("</td>");

client.print("<br>");
//client.print("<td> <B><span style=\"color: #eee8aa;\"> " &nbsp; El Sensor de luminosidad
esta en = ");
client.print("<td> <B><span style=\"color: #FFFF00;\"> " &nbsp; Altura = ");
client.print(Abmp180);
client.println(" mts &nbsp;");
client.print("</span></B> ");
client.print("</td>");
client.println("</tr>");
client.println("</table>");
// client.print("</center>");
//*****
client.println("<table border=\"5\">");
client.println("<tr>");
//client.print("<td> <B><span style=\"color: #fa8072;\"> " &nbsp; El sensor de Temperatura
esta en = ");
client.print("<td> <B><span style=\"color: #FF0000;\"> " &nbsp; Temperatura = ");

```

```

sensorDHT21();
client.print(Tdht21);
client.println(" &deg; C &nbsp;");
client.print("</span></B> ");
client.print("</td>");

client.print("<br>");
//client.print("<td> <B><span style=\"color: #eee8aa;\"> " &nbsp;El Sensor de luminosidad
esta en = ");
client.print("<td> <B><span style=\"color: #FFFF00;\"> " &nbsp;Humedad = ");
client.print(Hdht21);
client.println(" % &nbsp;");
client.print("</span></B> ");
client.print("</td>");
client.println("</tr>");
client.println("</table>");
// client.print("</center>");

//*****
client.println("<table border=\"5\">");
client.println("<tr>");
//client.print("<td> <B><span style=\"color: #eee8aa;\"> " &nbsp;El Sensor de luminosidad
esta en = ");
client.print("<td> <B><span style=\"color: #FFFF00;\"> " &nbsp;Caudal= ");
sensorCaudal();
client.print(flujo);
client.println(" l/hora &nbsp;");
client.print("</span></B> ");
client.print("</td>");
client.println("</tr>");
client.println("</table>");
client.print("</center>");
//*****

client.println("</tr>");
client.println("</table>");
client.println("</center>");
//clearing string for next read
readString="";
client.println("</body>");
client.println("</HTML>");
client.println();
delay(1);
//stopping client
client.stop();
}
}
}
}
//+++++
revisarUart();
}
//-----
void sensorBMP180(void)
{
char status;

```



```

}
//-----
void fechahora(void)
{
  DateTime date = rtc.now();
  u8g.setFont (u8g_font_5x8);
  u8g.setPrintPos ( 4 , 60);

  if (date.day() < 10 )
    u8g.print ( "0" );
    u8g.print (date.day());
    u8g.print ("/" );

  if (date.month() < 10 )
    u8g.print ( "0" );
    u8g.print (date.month());
    u8g.print ("/" );

  u8g.print (date.year());
  u8g.print ( " " );

  if (date.hour() < 10 )
    u8g.print ( "0" );
    u8g.print (date.hour());
    u8g.print ( "." );

  if (date.minute() < 10 )
    u8g.print ("0" );
    u8g.print (date.minute());
    u8g.print ( ":" );

  if (date.second() < 10 )
    u8g.print ( "0" );
    u8g.print (date.second());
    u8g.print ( " " );
  if(date.minute()==30 )
  {
    if (bandera==0)
    {
      File dataFile = SD.open("data.txt", FILE_WRITE);
      if (dataFile) // Si ha podido abrir el fichero
      {
        // dataFile.println("Vamos a escribir un par de textos en la tarjeta SD");
        dataFile.println("BMP180: " + String(Tbmp180) + "," + String(Pbmp180) + "," +
String(Abmp180) + "," + "DHT21: " + String(Tdht21) + "," + String(Hdht21) + "," + "Caudal: " +
String(flujo) + "," + "Fecha: " + String(date.day()) + "," + String(date.month()) + "," +
String(date.year()) + "," + String(date.hour()) + "," + String(date.minute()) + "," +
String(date.second()) + "," );
// dataFile.println("Analog 3: " + String(analogRead(A3)));
// dataFile.println("Analog 4: " + String(analogRead(A4)));
// dataFile.println(".....");
        delay (10);
        dataFile.close();
        Serial.println("Listo. Terminado");
      }
    }
  }
}

```

```

    bandera=1;
}
}
else
{
    bandera=0;
}
}
//-----
void Volcado()
{
    File dataFile = SD.open("data.txt");
    if (dataFile) // Si ha podido abrir el fichero
    {
        while (dataFile.available())
            Serial.write(dataFile.read());
        dataFile.close();
    }
    return ;
}
//-----
void revisarUart()
{
    if (Serial.available()>0 )
    {
        inChar = (char)Serial.read();
        switch (inChar)
        {
            case '1':
                Volcado();
                break;
            case '2':
                break;
            case '3':
                break;
        }
    }
}
//-----

```

## ANEXO 8

### Anexo 8: Comparaciones múltiples (Temperatura)

Variable dependiente: Temperatura Media

HSD Tukey

(I) Rango	(J) Rango	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
mañana	medio día	-4,93917*	,97507	,000	-7,5426	-2,3357
	tarde	-10,43917*	,93512	,000	-12,9359	-7,9424
	noche	-1,29000	,95364	,535	-3,8362	1,2562
medio día	mañana	4,93917*	,97507	,000	2,3357	7,5426

	tarde	-5,50000*	,95697	,000	-8,0551	-2,9449
	noche	3,64917*	,97507	,003	1,0457	6,2526
tarde	mañana	10,43917*	,93512	,000	7,9424	12,9359
	medio día	5,50000*	,95697	,000	2,9449	8,0551
	noche	9,14917*	,93512	,000	6,6524	11,6459
noche	mañana	1,29000	,95364	,535	-1,2562	3,8362
	medio día	-3,64917*	,97507	,003	-6,2526	-1,0457
	tarde	-9,14917*	,93512	,000	-11,6459	-6,6524

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

## ANEXO 9

### Anexo 9. Tabla 21 Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Humedad Media

HSD Tukey

(I) Rango	(J) Rango	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
mañana	medio día	16,57879*	3,10190	,000	8,2967	24,8609
	tarde	35,23103*	2,97481	,000	27,2883	43,1738
	noche	4,04167	3,03372	,548	-4,0584	12,1417
medio día	mañana	-16,57879*	3,10190	,000	-24,8609	-8,2967
	tarde	18,65224*	3,04431	,000	10,5239	26,7806
	noche	-12,53712*	3,10190	,001	-20,8192	-4,2550
tarde	mañana	-35,23103*	2,97481	,000	-43,1738	-27,2883
	medio día	-18,65224*	3,04431	,000	-26,7806	-10,5239
	noche	-31,18936*	2,97481	,000	-39,1321	-23,2466
noche	mañana	-4,04167	3,03372	,548	-12,1417	4,0584
	medio día	12,53712*	3,10190	,001	4,2550	20,8192
	tarde	31,18936*	2,97481	,000	23,2466	39,1321

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

## ANEXO 10

### Anexo 10. Tabla 24. Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Presión Media

HSD Tukey

(I) Rango	(J) Rango	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
mañana	medio día	-,79220	,30416	,058	-1,6043	,0199
	tarde	,22109	,29170	,873	-,5578	,9999

	noche	-,31583	,29748	,714	-1,1101	,4784
medio día	mañana	,79220	,30416	,058	-,0199	1,6043
	tarde	1,01329*	,29852	,008	,2162	1,8103
	noche	,47636	,30416	,408	-,3358	1,2885
tarde	mañana	-,22109	,29170	,873	-,9999	,5578
	medio día	-1,01329*	,29852	,008	-1,8103	-,2162
	noche	-,53692	,29170	,268	-1,3158	,2419
noche	mañana	,31583	,29748	,714	-,4784	1,1101
	medio día	-,47636	,30416	,408	-1,2885	,3358
	tarde	,53692	,29170	,268	-,2419	1,3158

## ANEXO 11

### Anexo 11. Comportamiento de las variables ambientales en el periodo abril-mayo

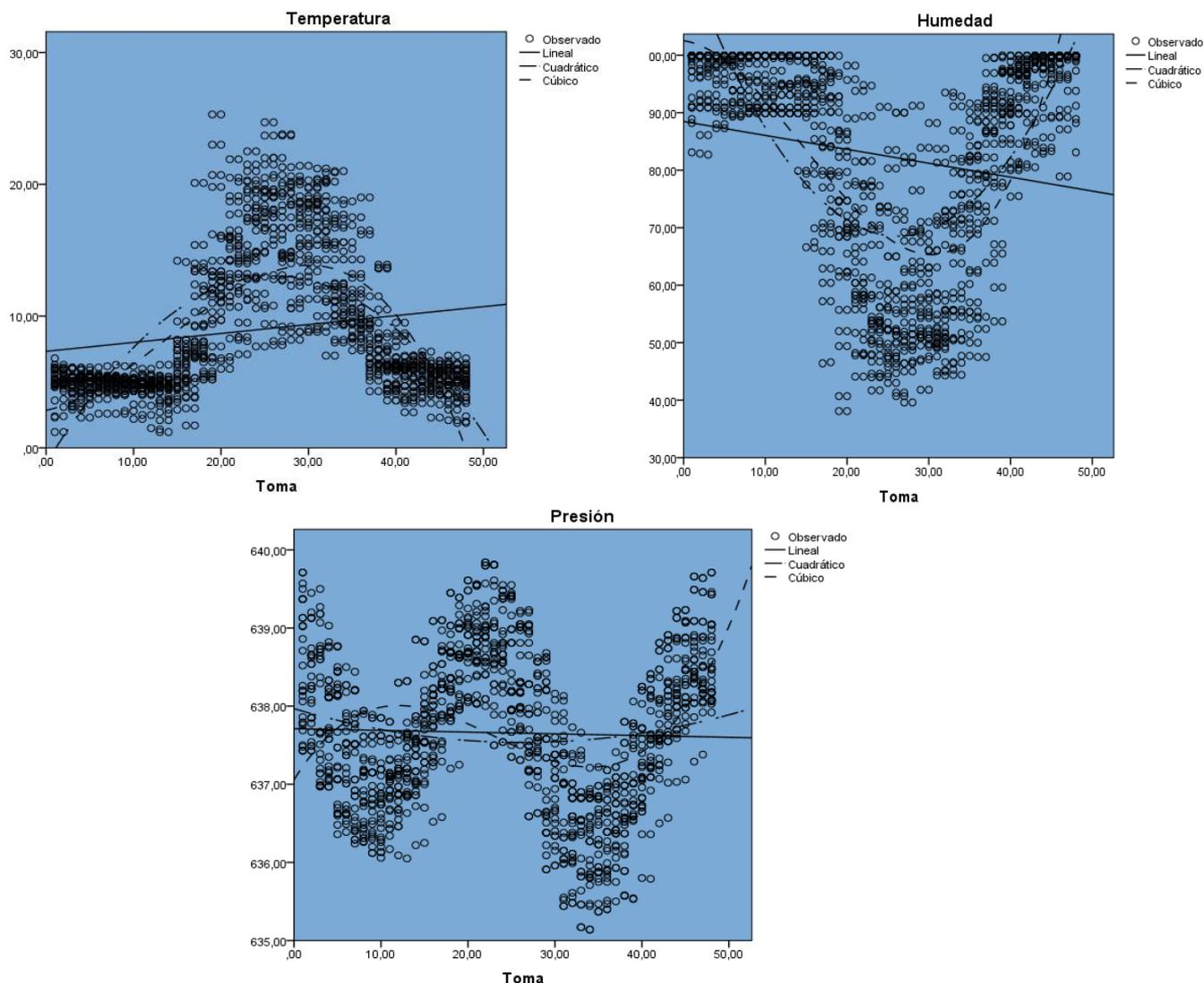


Figura 78. Comportamiento de las variables ambientales:

a) Temperatura b) Humedad c) Presión Atmosférica

**Fuente:** El Autor

Tabla 28. Resumen del comportamiento de las variables ambientales en el periodo abril - mayo

	Temperatura	Humedad	Presión Atmosférica
<b>Media</b>	8.98	82.53	637.65
<b>Mediana</b>	630	90.80	636.64
<b>Moda</b>	5	99.90	638.81
<b>Desviación estandar</b>	5.42	18.58	0.98
<b>Rango</b>	24.10	61.80	4.70
<b>Máximo</b>	1.20	38.10	635.14
<b>Mínimo</b>	25.30	99.90	639.84

## ANEXO 12

Anexo 12. Histogramas del comportamiento de las variables ambientales del periodo abril-mayo

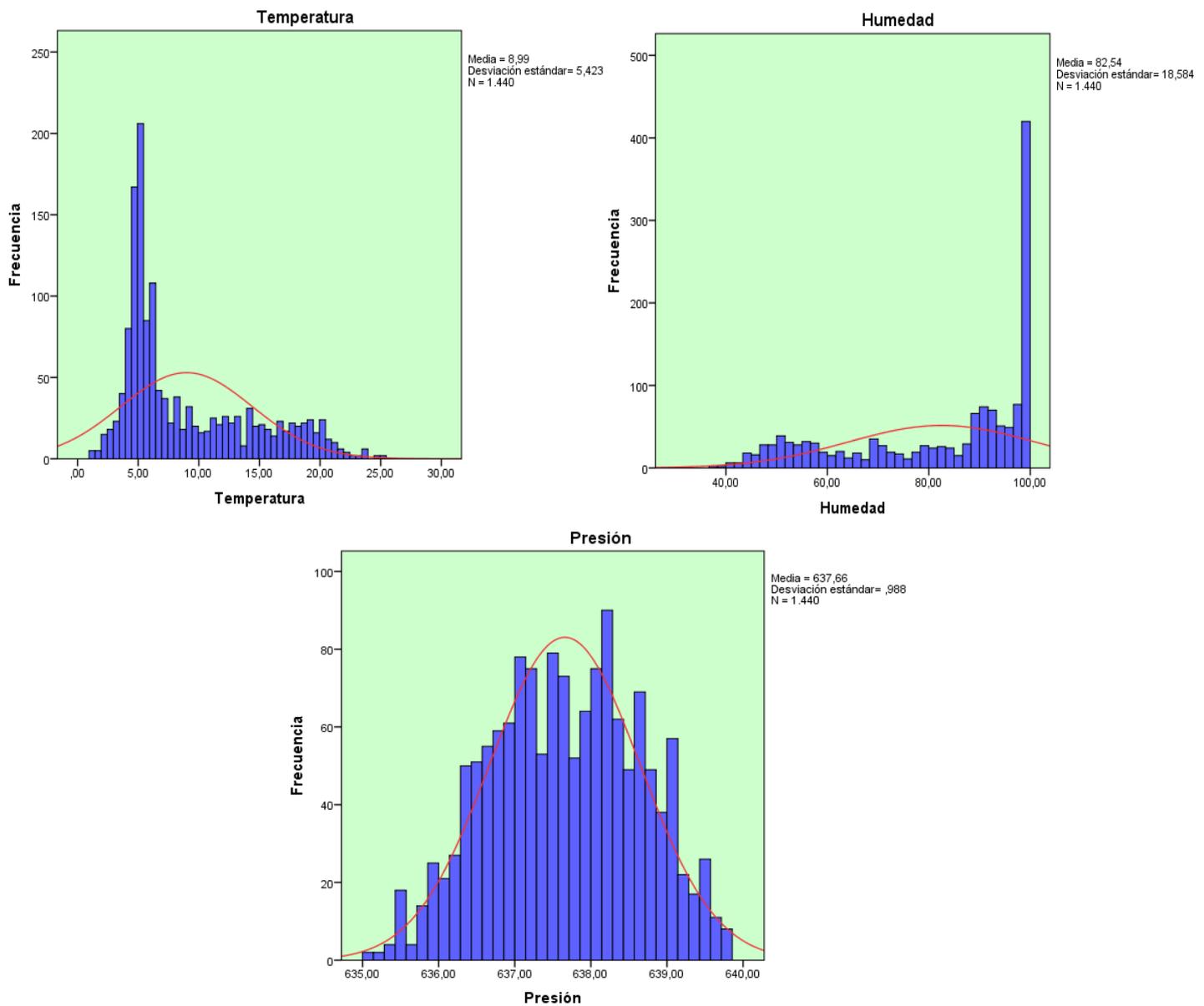


Figura 79. Histogramas del comportamiento de las variables ambientales:

a) Temperatura b) Humedad c) Presión Atmosférica

Fuente: El Autor

## ANEXO 13

Anexo 13: Diario “La Prensa” en la red: Entrevista acerca del trabajo realizado.

UN DIARIO JOVEN CON FE EN CHIMBORAZO

# LA PRENSA

»CHIMBORAZO

SOLLOS historia tradición & progreso riobamba equador suñtana de los andes y el mundo servicios Riobamba - Ecuador, 6/6/2019

Inicio Actualidad Barrios Provincia Tema de la Semana Trato Hecho Familia Deporte Crónica Mundo Opinión

Últimas Noticias Fotos y Videos Prensa Móvil Suplementos

## » Provincia

### Estudian los pozos de siembra del agua

laprensa.com.ec | Guano | MIERCOLES 8/5/2019

Guano/ En el marco del convenio de vinculación que tienen la Fundación Ecosur y la Universidad Nacional de Chimborazo (Unach) se instaló una miniestación meteorológica en uno de los cinco agujeros construidos para la siembra del agua en la comunidad San Carlos de la parroquia Valparaíso. El objetivo es analizar científicamente la funcionalidad de esos reservorios.

Detalle. Con los primeros datos recabados se conoce que las piscinas "sí son funcionales". La instalación de la estación meteorológica inició en enero. En la actualidad, se cuenta con una miniestación equipada con sensores para medir la temperatura, humedad, caudal y presión atmosférica; además, se colocó paneles solares y una antena de acceso a internet.

Proceso. En el transcurso de este año se prevé contar ya con la estación completa. Los resultados finales de los análisis científicos se conocerán en 2020. Los reservorios, los cuales recolectan líquido vital de la lluvia y de la condensación, están construidas en la zona alta de Valparaíso, la cual es un sector protegido.

Criterio. En este sentido, con los datos generados se conocerá si las piscinas generan beneficios o tiene un impacto ambiental negativo. Marlon Basantes, docente de la Unach e integrante del equipo de investigación, explicó que se recogerán las variables ambientales, con las cuales se validará el funcionamiento de los reservorios.

Datos. Además, con la información se determinará la calidad del agua que se almacena en los pozos. Byron Sánchez, egresado de la carrera de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones e integrante del equipo de investigación, confirmó científicamente que los pozos "sí" son funcionales, esto luego de recolectar datos durante tres meses. "Obtuvimos los primeros datos y en 2020 se tendrá más información".

Ecosur y la Universidad Nacional de Chimborazo

#### » Últimas Noticias

Alrededor de 250 alumnos participaron en la feria de proyectos escolares científicos en la Unidad Educativa Cristiana "Nazareno"

#### » Noticias más vistas

Ciclistas fue atropellado

¡Chocaron en pleno centro de Riobamba!

Directiva agasajó a madres de Los Manzañares

Para una agenda del centro histórico

Figura 80. Entrevista por parte de la PRENSA acerca del trabajo realizado.

Fuente: <http://198.38.92.210/interna.asp?id=18069#.XPmjxY-ZI2w>

## ANEXO 14

Anexo 14: Diario "La Prensa": Publicación de la entrevista del trabajo realizado

(I)»GUANO. LA FUNDACIÓN ECOSUR Y LA UNACH INSTALARON UNA MINIESTACIÓN METEOROLÓGICA PARA ABALAR CIENTÍFICAMENTE LA FUNCIONABILIDAD DE RESERVORIOS

# Estudian los pozos de siembra del agua

**GUANO/** En el marco del convenio de vinculación que tienen la Fundación Ecosur y la Universidad Nacional de Chimborazo (Unach) se instaló una miniestación meteorológica en uno de los cinco agujeros construidos para la siembra del agua en la comunidad San Carlos de la parroquia Valparaíso. El objetivo es analizar científicamente la funcionabilidad de esos reservorios.

**Detalle.** Con los primeros datos recabados se conoce que las piscinas "sí son funcionales". La instalación de la estación meteorológica inició en enero. En la actualidad, se cuenta con una miniestación equipada con sensores para medir la temperatura, humedad, caudal y presión atmosférica; además, se colocó paneles solares y una antena de acceso a internet.

**Proceso.** En el transcurso de este año se prevé contar ya con la estación completa. Los resultados finales de los análisis científicos se conocerán en 2020. Los reservorios, los cuales recolectan líquido vital de la lluvia y de la condensación, están construidas en la zona alta de Valparaíso, la cual es un sector protegido.

**Criterio.** En este sentido, con



Foto/Cortés-La Prensa

Los investigadores recorriendo el reservorio que es utilizado para la siembra del agua.

los datos generados se conocerá si las piscinas generan beneficios o tiene un impacto ambiental negativo. Marion Basantes, docente de la Unach e integrante del equipo de investigación, explicó que se recogerán las variables ambientales, con las cuales se validará el funcionamiento de los reservorios.

**Datos.** Además, con la información se determinará la calidad del agua que se almacena en los pozos. Byron Sánchez, egresado de la carrera de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones e integrante del equipo de in-

vestigación, confirmó científicamente que los pozos "sí" son funcionales, esto luego de recolectar datos durante tres meses. "Obtuvimos los primeros datos y en 2020 se tendrá más información".

**Testimonio.** De su parte, Paúl Moreno, director de la fundación Ecosur Ecuador, dijo que generar agua en las comunidades es fundamental, ya que así se evitará la migración de los habitantes de las comunidades. ▀

### DETALLES

La fundación Ecosur Ecuador es parte de una red internacional de organizaciones denominada "Red Ecosur". Trabajan con proyectos en el país hace 20 años.

### OBJETIVO

Si se valida el funcionamiento de los reservorios, se replicará esta tecnología ancestral en otras comunidades, cantones, provincias o países.

» (I) DATOS

Lenin Yumi  
LA PRENSA RIOBAMBA  
lenin14yumi@gmail.com

Figura 81. Publicación de la entrevista del trabajo realizado

## ANEXO 15

Anexo 15. Certificación por parte del Dr. Paúl Moreno, Director Ejecutivo y Representante legal de la Fundación Ecosur.



### CERTIFICACIÓN

Yo, PAUL ERNESTO MORENO ARTEAGA, con cédula de identidad No. 060174371-9, DIRECTOR EJECUTIVO Y REPRESENTANTE LEGAL de la FUNDACIÓN ECOSUR ECUADOR, certifico que el señor estudiante de la Universidad Nacional de Chimborazo, egresado de la Carrera de ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES, Facultad de INGENIERÍA: Sánchez Sánchez Byron Eduardo con CC: 060413085-6, con el tema de tesis "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SENSORES PARA MEDIR TEMPERATURA, HUMEDAD, CAUDAL DE LA FUENTE DE AGUA "YANARUMI" PERTENECIENTE AL CANTÓN GUANO", da cumplimiento con los requerimientos exigidos desde el punto de vista tecnológico de monitoreo y recolección de datos de datos ambientales. Manifiesto que la estación meteorológica cumple con las condiciones necesarias para que contribuya en el proceso de almacenamiento y recolección de datos, lo que permitirá un manejo adecuado de las fuentes de agua existentes en la comunidad de Valparaíso sector YANARUMI.

Riobamba, 21 de junio de 2019

Dr. Paul Moreno Arteaga  
DIRECTOR EJECUTIVO  
FUNDACIÓN ECOSUR ECUADOR

FUNDACION ECOSUR ECUADOR  
RUC. 0691719766001

Fundación EcoSur Ecuador  
Calle Baltazar y Argentinos, Riobamba, Ecuador +593.9.92585847  
1 de 1



Figura 82. Certificación por parte del Dr. Paúl Moreno, Director Ejecutivo y Representante legal de la Fundación Ecosur.

## ANEXO 16

Anexo 16.Tabla 29 Presupuesto para la elaboración de la estación meterológica

#	Detalle	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1	Panel Solar 300w	1	300	300
2	Controlador de Carga MPPT	1	135	135
3	Bateria 12 V a 100 AH	1	375	375
4	Cables de Conexión Panel Solar	1	30	30
5	Modulo Reloj en Tiempo Real	1	4	4
6	Lcd 12864	1	12	12
7	LM2595 fuente ajustable	1	3	3
8	Arduino Mega	1	21	21
9	Modulo Wi-Fi Ethernet	1	12	12
10	Sensor de Flujo	1	8	8
11	Sensor de Temperatura/Humedad	1	8	8
12	Sensor Presion Atmosferica	1	3	3
13	Camara IP	1	40	40
14	Varios	1	20	20
15	Placa circuito control	1	25	25
16	Radioenlace/año de servicio	1	240	240
17	MicroSd 64Gb	1	30	30
			Subtotal	1266
			IVA	151,92
			Total	1417,92