

Diseño y construcción de una mini-estación autónoma, con estudiantes de la facultad ciencias físico y matemáticas-UNSCH

Design and construction of an autonomous mini-station, with students from the faculty of physics and mathematics-UNSCH

Jose Luis Huayanay Villar¹

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú
Universidade do Estado do Rio de Janeiro-UERJ, RJ, Brasil

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo, es diseñar e implementar un sistema automatizado para el monitoreo y control de la temperatura y humedad del medio ambiente a un bajo costo, mediante el uso de arduinos con estudiantes de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. En la actualidad la temperatura y humedad del medio ambiente son parámetros físicos de suma importancia para los investigadores de ciencias e ingenierías. Para la implementación se usó el sensor DHT22 que provee al sistema diseñado de un rango de operación de 0-100% y una resolución de +/-2%, Modulo SD y modulo reloj para la obtención de los datos en tiempo real. Así mismo como circuitos eléctricos y programaciones de lenguaje java y c, además utilizamos instrumentos electrónicos y herramientas reciclables que hacen posible el diseño e implementación del sistema automatizado. Se realizan pruebas y simulaciones del sistema diseñado, las cuales demuestran que el sensor elegido puede usarse para este tipo de aplicaciones, obteniendo mediciones de temperatura y humedad del medio ambiente de una manera rápida y sencilla. La validación se realizó con comparación en el ambiente del laboratorio y teledetección-LABTELER de la escuela Ciencias Físico y Matemáticas-UNSCH.

Palabras clave: Mini-estación, Sensor DHT22, automatización, Arduino.

ABSTRACT

The objective of this work is to design and implement an automated system for the monitoring and control of the temperature and humidity of the environment at a low cost, through the use of Arduinos with students from the National University San Cristóbal de Huamanga. Currently, the temperature and humidity of the environment are physical parameters of utmost importance for science and engineering researchers. For the implementation, the DHT22 sensor was used, which provides the designed system with an operating range of 0-100% and a resolution of +/-2%, SD Module and clock module to obtain data in real time. As well as electrical circuits and Java and C language programming, we also use electronic instruments and recyclable tools that They make the design and implementation of the automated system possible. Tests and simulations of the designed system are carried out, which demonstrate that the chosen sensor can be used for this type of applications, obtaining measurements of temperature and humidity of the environment in a quick and easy way. The validation was carried out with comparison in the laboratory environment and remote sensing-LABTELER of the School of Physical Sciences and Mathematics-UNSCH.

Keywords: Mini-station, Sensor DHT22, automation, Arduino.

¹Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.
Email: jose.huayanay@unsch.edu.pe, jose.villar@inpe.br. Orcid: [0000-0001-8389-7922](https://orcid.org/0000-0001-8389-7922)

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente vemos que la sociedad está influenciada por factores sociales que impulsan el uso de la tecnología que está en continua evolución, que hace posible replantear los modelos ya existentes para poder mejorarlos y proponer otros para nuestro bienestar (Villar, 2020). Por ello el Arduino (Genuino a nivel internacional hasta octubre 2016), es una compañía de hardware libre y una comunidad tecnológica que diseña y manufactura placas de desarrollo de hardware, compuestas por Micro controladores, elementos pasivos y activos. Por otro lado, las placas son programadas a través de un entorno de desarrollo (IDE), el cuál compila el código al modelo seleccionado de placa (Lumbre, 2019). El Arduino incluyendo sus componentes de hardware y Software se enfoca en acercar y facilitar el uso de la electrónica y programación de sistemas embebidos en proyectos multidisciplinarios. Este sistema está siendo utilizado por diferentes instituciones públicas y privadas como las universidades para las investigaciones (Peña, 2019). La inversión en ciencia y tecnología agrícola, expresada en términos de investigación y servicios de extensión, ha demostrado tener una gran relevancia en el aumento del rendimiento de los cultivos agrícolas y la reducción de la pobreza en los países en desarrollo. Sin embargo, es importante que esta inversión esté definida según las necesidades de conocimiento expresadas por todos los actores involucrados (Banco Mundial, 2007b).

De la misma manera como el hombre interactúa con los procesos de la naturaleza, adecuándolos para su máximo provecho y beneficio en ciencias e ingeniería. Estas estructuras inteligentes han de ejecutar necesariamente tres funciones básicas. la detección o medida, el procesamiento y decisión, y finalmente, la actuación (Madruga, 2018). Las dos primeras funciones requieren sensores y es donde se centra este trabajo. En términos generales un sistema sensor como el DHT22 (Adhiwibowo, 2018) se compone de un elemento que genera una señal con relación con el parámetro a medir (transductor), un canal de comunicaciones que transporta la señal generada hasta una unidad que procesa y presenta la información que se pretende y que en definitiva relaciona el sistema sensor con el usuario o con otros sistemas externos a él.

En el Perú hay antecedentes de que instituciones como Nylamp Mecatronics S.A.C y Electrotec Perú, vienen desarrollando proyectos multidisciplinarios en “el entorno Arduino (Nylamp, 2018), asimismo en 2021, los autores (Villar e Julio Ore, 2021) diseñan y construir un sistema automatizado de control de bombas de agua en un cultivo hidropónico en el entorno Arduino, UNSCH – Ayacucho. Seguidamente (Mihai, 2016), presenta el proyecto cómo utilizar el sensor DHT22 para medir temperatura y humedad con la tarjeta arduino, el objetivo es lograr un sistema funcional en términos de hardware y software, para medir la temperatura y la humedad. Además, este sistema permitió realizar un seguimiento del tiempo. Se utiliza una placa Arduino, con interfaz de un sensor colocado en el ambiente local para medir la temperatura y la humedad.

Este proyecto permitirá conocer el comportamiento de los ambientes meteorológicos de la región Ayacucho, que se ubica en un amplio valle en la sierra sur central, Andina de Perú a 2761 m.s.n.m se encuentra atravesado, hacia el norte, por las estribaciones caprichosas de la cordillera de Rasuhilca, y hacia el centro-sur, por la cordillera del Huanzo (GORE, 2018).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el diseño y construcción de la mini-estación es necesario, conocer cada componente del sistema. Asimismo, materiales de bajo costo como son:

- Molde de plástico para recubrimiento del sistema.
- Tecno-por
- cables de cobre
- Baterías recargables
- Silicona
- Paneles solares fotovoltaicos (12v)
- Modulo SD
- Modulo reloj
- Placas de Arduino UNO R3; Voltaje de alimentación: 6-20V (7-12V recomendado)
- Sensor de humedad y temperatura DHT22
- Interface en torno a Arduino.

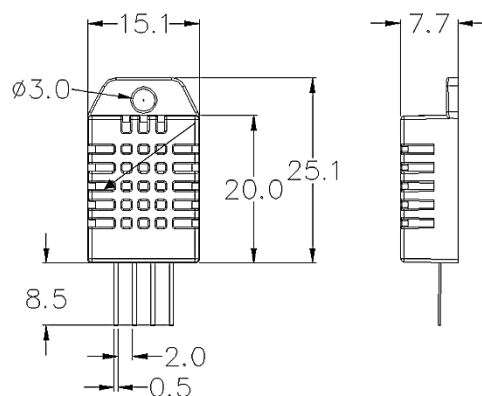
El circuito de control se implementa a través de un ARDUINO UNO es un entorno de programación de código abierto, que es fácil escribir el código y cargarlo en la placa. Está escrito en un lenguaje de programación C/C++.

2.1. Calculo de la función matemática descriptiva del sensor DHT22

La selección del sensor de humedad es muy importante, ya que a través de este se Obtendrá la información necesaria para la toma de decisiones del sistema de control. Para este trabajo se eligió utilizar el sensor de humedad y temperatura DHT22 o también llamado AM2302 (ver Figura 1), debido a que posee un interfaz serial que permite la integración del sistema en forma rápida y fácil.

Figura 1.

Arquitectura del sensor de temperatura y humedad ambiental DHT22.



Fuente. Adaptado de (Aosong Electronics, 2019).

Además, tiene buena precisión, bajo tiempo de respuesta, bajo consumo de energía, la distancia de transmisión de la señal es de hasta 20 metros y su precio es cómodo, El rango de medición de temperatura es de -40°C a 80°C con precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ y rango de humedad de 0 a 100% RH con precisión de 2% RH, el tiempo entre lecturas debe ser de 2 segundos. En la siguiente Tabla 1, veremos las especificaciones técnicas del sensor DHT22.

Tabla 1.

Especificaciones técnicas del sensor DHT22.

Modelo	DHT22
Fuente de alimentación	3.3-6v
Señal de salida	Señal digital a través de bus único
Elemento de detección	Condensador de polímero
Rango de operación	Humedad 0-100%RH ; temperatura -40 ~ 80Celsius
precisión	Humedad +-2%RH (Max+-5%RH); Temperatura <+-0.5Celsius
Resolution o sensibilidad	Humedad 0.1%RH ; temperatura 0.1Celsius
Repetibilidad	Humedad +-1%RH ; temperatura +-0.2Celsius
Histéresis de humedad	+0.3%RH
Estabilidad a largo plazo	+0.5%RH por año
Periodo de detección	Promedio:2segundos
Intercambiabilidad	completamente intercambiable
Dimensiones	tamaño pequeño 14 * 18 * 5.5 mm ; tamaño grande 22 * 28 * 5 mm

El sensor envía datos que realiza por un único pin digital en forma serial, en este caso se conectó a uno de los pines digitales del microcontrolador. El sensor transmite 40 bits de datos, los cuales 16 bits son para la humedad, 16 bits para la temperatura y 8 bits de paridad. Para iniciar la transmisión, el microcontrolador, envía un pulso bajo durante 1ms, luego de esto se mantiene en alto durante 30 us aproximadamente. El receptor (sensor) responde la señal de inicio enviando un pulso en bajo, seguido por un pulso alto, ambos de 80 us. Ahora el sensor está listo para enviar los 40 bits de datos. Dependiendo del ancho del pulso en alto sabremos si tenemos un “0” o un “1”. Finalmente, el valor de la humedad se obtiene de la siguiente forma:

Si recibimos 40 bits de datos:

$$00000010 + 10010010 + 00000001 + 000011001 = 10100010$$

$$\text{Bits de Paridad} = 00000010 + 10010010 + 00000001 + 00001101 = 10100010$$

$$\text{Humedad} \Rightarrow 00000010 \ 10010010 = 0292\text{H (Hexadecimal)} = 658 \text{ (Decimal)}$$

$$\text{Humedad} = 65.8 \%$$

$$\text{Temperatura} \Rightarrow 00000001 \ 00011001 = 0119\text{H (Hexadecimal)} = 281 \text{ (Decimal)}$$

$$\text{Temperatura} = 28.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Se desea encontrar una fórmula aproximada que permita calcular el valor de Hr, dado que Hr (humedad relativa) es una de las variables más representativas de la humedad. Por definición:

$$H_r = 100 \frac{p_v}{p_{sat}}$$

Donde:

p_v = Presión parcial de vapor

p_{sat} =presión de vapor de saturación

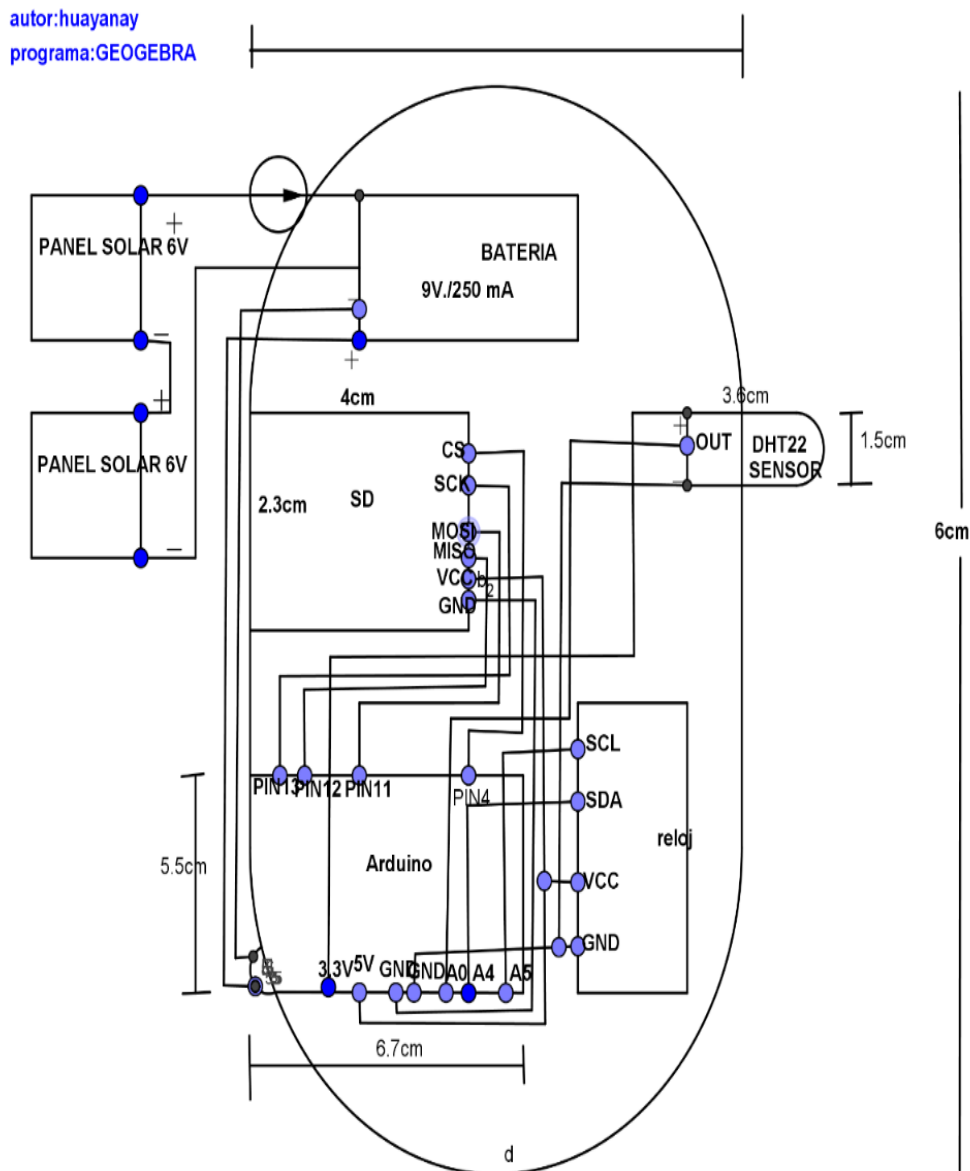
2.1.Monitoreo de temperatura

Para censar la temperatura bastó con implementar un divisor de voltaje entre un termistor y una resistencia para tomar la señal de voltaje que variará dependiendo de la temperatura, una vez que se tiene este parámetro se lleva a un segundo canal del micro controlador para su procesamiento y exhibición. El sensor DHT22 digital de temperatura y humedad, utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos.

2.2.Arquitectura interna de la mini-estación autónoma.

Figura 2.

Diseño de la Arquitectura electrónica interna de la mini-estación autónoma, 2018.



Nota. Autor propio (elaborado en GeoGebra).

3. RESULTADOS

La construcción del sistema para el monitoreo de humedad y temperatura se realizó con la participación, los estudiantes de FISMA-UNSCH e integrantes del grupo de investigación LABTELER. Las conexiones de cada componente se observan en figura 02.

Se instalaron 2 paneles solares de 6V para la alimentación del sistema de control de humedad y temperatura, pues de día recargue la batería y de noche suministre mediante la batería recargable. Los Modulo SD y módulo RTC reloj para la obtención de los datos en tiempo real, son conectados de manera tal que sean estables y obtengas la mayor información posibles.

Figura 2.

Conexión del circuito de control de humedad y temperatura.



Nota. Propio del Autor.

Figura 3.

Instalación de prueba de control de temperatura y humedad en el campus de la escuela profesional Ciencias Físico Matemáticas-UNSCH.



Estos módulos, son programados inicialmente en plantillas diferentes, para evaluar su fiabilidad. El RTC DS3231 de Maxi y la EEPROM AT24C32 de ATMEL. El RTC

DS3231 es la evolución del clásico RTC DS1307. Finalmente, el módulo RTC, permite configurar el tiempo de obtención de datos de acuerdo al usuario. Una vez que procesamos la función, el sistema es capaz de mostrar la temperatura en grados centígrados y, así mismo el tiempo, el porcentaje de humedad relativa del medio ambiente, cuando se inicializa para la toma de datos cada 10 minutos en la Tabla 2.

Tabla 2.
Datos de humedad y temperatura de ambiente para el día 14 de febrero del 2018, campus de la escuela Ciencias Físico Matemáticas-UNSCH.

Hora = 11:00:50	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:1177,	Temperatura: 20.20°C ,	Humedad: 60.10 RH%
Hora = 11:01:01	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:677,	Temperatura: 20.40°C ,	Humedad: 60.20 RH%
Hora = 11:11:00	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:600950,	Temperatura: 20.50°C ,	Humedad: 61.90 RH%
Hora = 11:21:00	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:1201019,	Temperatura: 19.60°C ,	Humedad: 55.80 RH%
Hora = 11:30:59	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:1801090,	Temperatura: 18.70°C ,	Humedad: 58.10 RH%
Hora = 11:40:58	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:2401166,	Temperatura: 17.90°C ,	Humedad: 62.20 RH%
Hora = 11:50:58	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:3001236,	Temperatura: 17.70°C ,	Humedad: 59.80 RH%
Hora = 12:00:57	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:3601306,	Temperatura: 18.30°C ,	Humedad: 60.50 RH%
Hora = 12:10:56	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:4201377,	Temperatura: 18.60°C ,	Humedad: 58.80 RH%
Hora = 12:20:56	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:4801447,	Temperatura: 19.30°C ,	Humedad: 58.40 RH%
Hora = 12:30:55	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:5401526,	Temperatura: 19.30°C ,	Humedad: 57.60 RH%
Hora = 12:40:54	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:6001597,	Temperatura: 19.20°C ,	Humedad: 55.00 RH%
Hora = 12:50:54	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:6601667,	Temperatura: 19.70°C ,	Humedad: 52.30 RH%
Hora = 13:00:53	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:7201738,	Temperatura: 21.10°C ,	Humedad: 50.00 RH%
Hora = 13:10:53	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:7801808,	Temperatura: 21.80°C ,	Humedad: 49.80 RH%
Hora = 13:20:52	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:8401886,	Temperatura: 22.20°C ,	Humedad: 45.50 RH%
Hora = 13:30:51	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:9001956,	Temperatura: 21.80°C ,	Humedad: 46.00 RH%
Hora = 13:40:51	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:9602027,	Temperatura: 23.30°C ,	Humedad: 43.70 RH%
Hora = 13:50:50	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:10202097,	Temperatura: 23.50°C ,	Humedad: 42.00 RH%
Hora = 14:00:50	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:10802169,	Temperatura: 23.30°C ,	Humedad: 45.60 RH%
Hora = 14:10:49	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:11402250,	Temperatura: 24.00°C ,	Humedad: 42.70 RH%
Hora = 14:20:48	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:12002321,	Temperatura: 22.70°C ,	Humedad: 41.70 RH%
Hora = 14:30:48	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:12602393,	Temperatura: 23.80°C ,	Humedad: 41.40 RH%
Hora = 14:40:47	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:13202464,	Temperatura: 23.10°C ,	Humedad: 44.10 RH%
Hora = 14:50:47	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:13802543,	Temperatura: 23.70°C ,	Humedad: 42.40 RH%
Hora = 15:00:46	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:14402614,	Temperatura: 23.40°C ,	Humedad: 40.60 RH%
Hora = 15:10:46	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:15002686,	Temperatura: 24.50°C ,	Humedad: 38.80 RH%
Hora = 15:20:45	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:15602758,	Temperatura: 23.90°C ,	Humedad: 38.40 RH%
Hora = 15:30:44	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:16202829,	Temperatura: 24.30°C ,	Humedad: 37.50 RH%
Hora = 15:40:44	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:16802911,	Temperatura: 25.70°C ,	Humedad: 37.00 RH%
Hora = 15:50:43	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:17402982,	Temperatura: 24.30°C ,	Humedad: 39.30 RH%
Hora = 16:00:43	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:18003054,	Temperatura: 23.20°C ,	Humedad: 41.50 RH%
Hora = 16:10:42	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:18603126,	Temperatura: 25.00°C ,	Humedad: 41.40 RH%
Hora = 16:20:41	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:19203198,	Temperatura: 21.50°C ,	Humedad: 50.50 RH%
Hora = 16:30:41	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:19803276,	Temperatura: 22.00°C ,	Humedad: 51.30 RH%
Hora = 16:40:40	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:20403348,	Temperatura: 20.30°C ,	Humedad: 59.10 RH%
Hora = 16:50:39	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:21003420,	Temperatura: 19.00°C ,	Humedad: 57.80 RH%
Hora = 17:00:39	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:21603492,	Temperatura: 18.00°C ,	Humedad: 70.20 RH%
Hora = 17:10:38	Fecha = 14/02/2018	Tiempo laborado:22203564,	Temperatura: 17.30°C ,	Humedad: 74.00 RH%

Figura 4.
Variación de la temperatura ambiental durante las pruebas de campo.

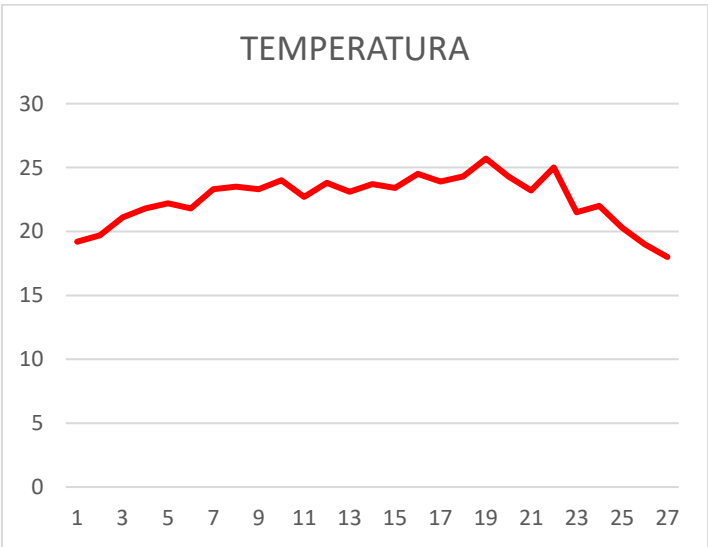
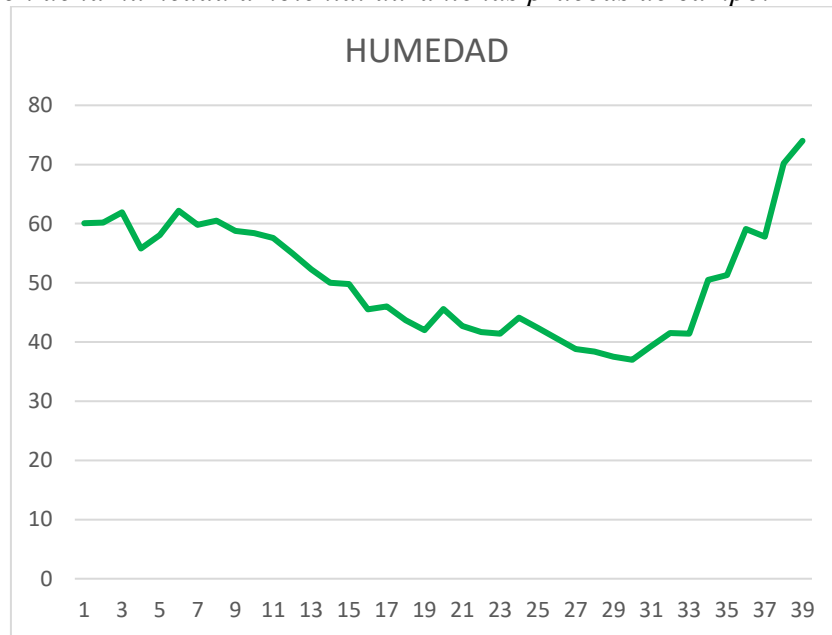


Figura 5.*Variación de la humedad ambiental durante las pruebas de campo.*

3.1. Algoritmo de programación del sistema completo en Arduino

```

HumAmbRTC $
1 #include <SD.h>
2 #include <SimpleDHT.h>
3 #include <Wire.h>
4 #include "RTClib.h"
5 RTC_DS1307 rtc;
6 int segundo,minuto,hora,dia,mes;
7 long anio; //variable año
8 DateTime HoraFecha;
9 // para DHT22,
10 // VCC: 5V or 3V
11 // GND: GND
12 // DATA: 2
13 int pinDHT22 = A0; //conectado en pin A0
14 SimpleDHT22 dht22;
15 File myFile;
16 void setup() { Serial.begin(9600); rtc.begin(); //Iniciamos el RTC
17   Serial.print("Iniciando SD ...");
18   if (!SD.begin(4)) { Serial.println("No se pudo inicializar"); return; }
19   Serial.println("inicializacion exitosa");
20 void loop() { // start working..
21   myFile = SD.open("HumAmb.txt",FILE_WRITE); //Abrimos el Archivo
22   //AUTOR:JOSE LUIS HUAYANAY VILLAR //sensor de humedad y temperatura.// @remark We use read2 to get a float data, such as 10.1°C
23   // if user doesn't care about the accurate data, use read to get a byte data, such as 10°C.
24   if(myFile) { Serial.print("Escribiendo SD: ");
25     float temperature = 0;
26     float humidity = 0;
27     int err = SimpleDHTerrSuccess;
28     HoraFecha = rtc.now(); //obtenemos la hora y fecha actual
29     segundo=HoraFecha.second();
30     minuto=HoraFecha.minute();
31     hora=HoraFecha.hour();
32     dia=HoraFecha.day();
33     mes=HoraFecha.month();
34     anio=HoraFecha.year();
35     if ((err = dht22.read2(pinDHT22, &temperature, &humidity, NULL)) != SimpleDHTerrSuccess) {

```



```

34  anio=HoraFecha.year();
35  if ((err = dht22.read2(pinDHT22, &temperature, &humidity, NULL)) != SimpleDHTErrSuccess) {
36      myFile.print("Read DHT22 failed, err="); myFile.println(err);delay(2000);
37      Serial.print("Read DHT22 failed, err="); Serial.println(err);delay(2000);
38      return; }
39  myFile.print("Hora = ");
40  printFile2digits(hora);
41  myFile.print(":");
42  printFile2digits(minuto);
43  myFile.print(":");
44  printFile2digits(segundo);
45  myFile.print(" Fecha = ");
46  printFile2digits(dia);
47  myFile.print("/");
48  printFile2digits(mes);
49  myFile.print("/");
50  printFile2digits(anio);
51  myFile.print(" ");
52  myFile.print("Tiempo laborado:");
53  myFile.print(millis());
54  myFile.print(", Temperatura: ");
55  myFile.print(temperature);
56  myFile.print("°C , Humedad: ");
57  myFile.print(humidity);
58  myFile.println(" RH%");
59  myFile.close(); //cerramos el archivo
60  Serial.print("Hora = ");
61  print2digits(hora);
62  Serial.print(":");
63  print2digits(minuto);
64  Serial.print(":");
65  print2digits(segundo);
66  Serial.print(" Fecha = ");
67  print2digits(dia);
68  Serial.print("/");

```

4. CONCLUSIONES

El presente proyecto de investigación busca el diseño construcción de una mini-estación autónomo, debido a su alto rendimiento, las pruebas de campo permitieron obtener, información que más adelante fueron corregidas en el programa.

Estas características permitieron conocer, el análisis de los datos meteorológicos críticos de Ayacucho nos muestra que la temperatura ambiente mínima, son superiores al umbral de las temperaturas mínimas nocturnas, de manera que la masa térmica del invernadero es suficiente para mantener el ambiente del interior del invernadero por encima de 10 °C (Lorenzo, 2012). Durante el mediodía el invernadero está expuesto a sobrecalentamiento, la intensidad de radiación solar es muy intensa, más aun siendo la temperatura ambiente cada vez mayor lo que no ayudará a enfriar el invernadero, por lo que se instaló un sistema alternativo de ventilación mediante la chimenea solar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adhiwibowo, W., Daru, A. F., & Hirzan, A. M. (2020). Temperature and humidity monitoring using DHT22 sensor and Cayenne API. *Jurnal Transformatika*, 17(2), 209-214.
- Alberto tobajas García; Aleix lopez; Carlos monzo (2016). Diseño e implementación de una estación meteorológica con Raspberry Pi.
- Gerencia regional de recursos naturales y gestión del medio ambiente, gobierno regional de Ayacucho. (2015-2016) Indicadores ambientales Ayacucho.

- Lumbre, B. C. A. N. (2019). Tesis para optar el título de: ingeniero mecánico. Tesis Universidad Nacional de Trujillo.
- Madrugá Saavedra, F. J. (2008). Contribución al desarrollo de sensores de temperatura y redes de sensores en tecnología de fibra óptica. Universidad de Cantabria.
- Peña C., O. J. M. (2019). Sistema de información de mini estación meteorológica para la captura de datos de temperatura, humedad y presión atmosférica—Centro de Operaciones de Emergencia Regional-Piura.
- Saavedra. F.J.M. (2006). Tesis doctoral, contribución al desarrollo de sensor de temperatura y redes de sensor en tecnología de fibra óptica.
- Villar, J. L. H., García, J. O., & Hiyo, S. Y. M. (2020). Diseño y construcción de un sistema automatizado de control de bombas de agua en un cultivo hidropónico en el entorno Arduino, UNSCH—Ayacucho.