



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Proyecto de Integración Curricular

Ingeniería en Tecnologías de la Información

Diseño, fabricación y evaluación de un calentador de fibra ensamblado con tecnología de impresión 3d y control de temperatura mediante IoT.

Autor

Bryan David Noboa Pincay

Tutor

Ing. Germán Eduardo Rodríguez Galán, Mgtr.



Antecedentes

- En los laboratorios del DCCO-SS se ha presentado el desafío crítico de almacenamiento de materiales clave para la impresión 3D, como la fibra de Ácido Poliláctico (PLA) y la fibra de Polietileno Tereftalato (PET).
- Estos materiales son sensibles a las variaciones de temperatura, y han sufrido cristalización y fracturas en las condiciones actuales de almacenamiento.



Problemática

- La falta de un control riguroso de las condiciones térmicas en el entorno de trabajo de las impresoras 3D. Deformación en las piezas impresas, obstrucción en los extrusores, fallas completas en el funcionamiento de las impresoras.
- *“Se espera que el diseño y fabricación de un calentador de fibra ensamblado utilizando tecnología de impresión 3D, junto con el control de temperatura mediante el Internet de las cosas (IoT), resulte en un dispositivo eficiente y preciso en la regulación térmica de fibras PLA y PET, ofreciendo una alternativa innovadora y viable para el proceso de impresión 3D”*



Introducción

Justificación

- La ausencia de una gestión precisa de las condiciones térmicas ha conducido a problemas operativos y limitaciones en la calidad de las impresiones 3D.
- Este trabajo tiene como objetivo diseñar y construir un sistema de control térmico basado en Internet de las Cosas (IoT).
- La implementación exitosa de este calefactor, que integre un sistema de control térmico basado en IoT, permitirá restablecer el uso del material que se ha descartado por causa de la humedad.

Objetivos

General

- Diseñar, fabricar y evaluar un calentador de fibra ensamblado utilizando tecnología de impresión 3D y control de temperatura mediante IoT.

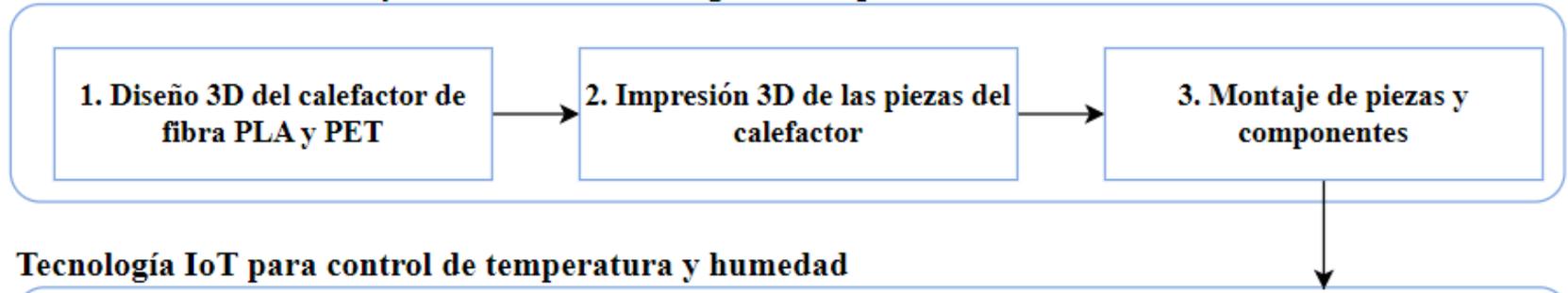
Específicos

- Realizar el diseño tridimensional detallado del calentador de fibra, empleando software de diseño asistido por computadora.
- Fabricar los componentes del calentador utilizando tecnologías de impresión 3D.
- Diseñar y construir de manera integral el sistema de calefacción destinado a la extracción eficiente de humedad en fibras de impresión PLA y PET, optimizando la eficacia del proceso.

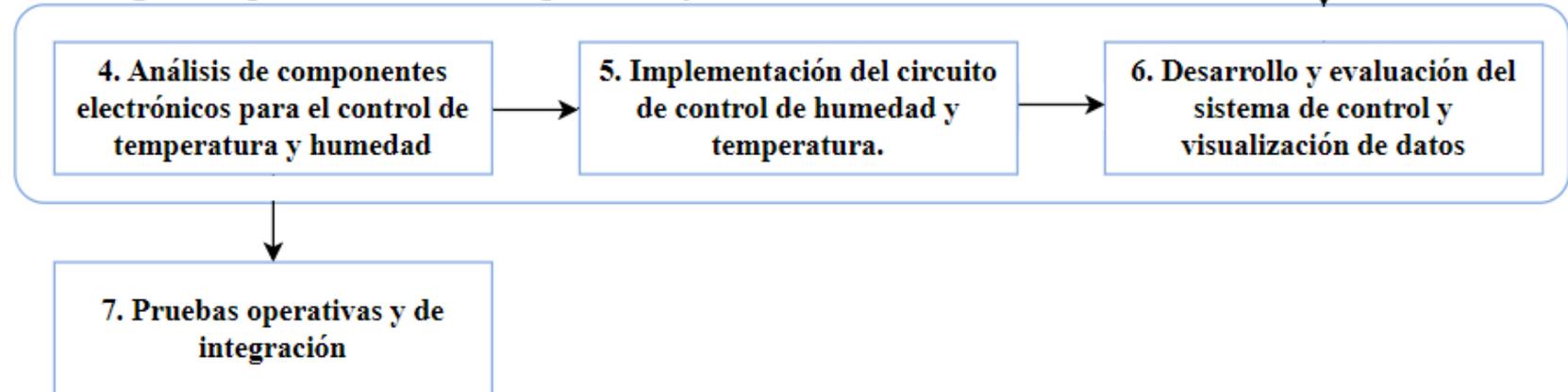


Propuesta Metodológica y Diseño

Calefactor de fibra PLA y PET usando tecnologías de impresión 3D



Tecnología IoT para control de temperatura y humedad



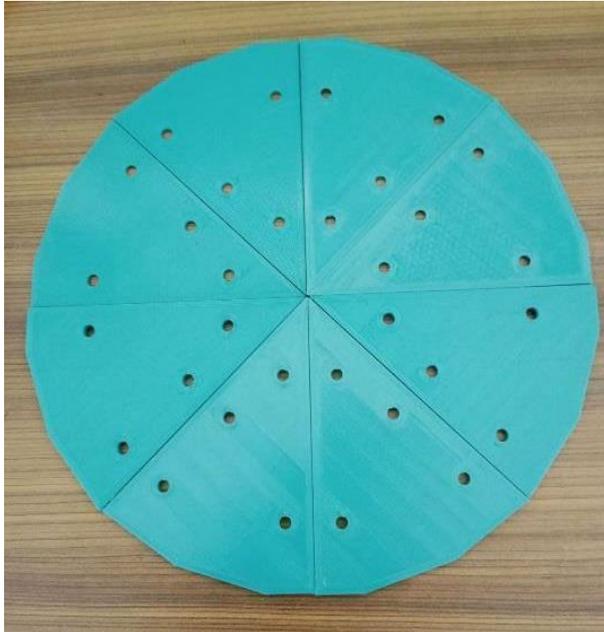
Propuesta Metodológica y Diseño

1. Diseño 3D del calefactor de fibras PLA y PET



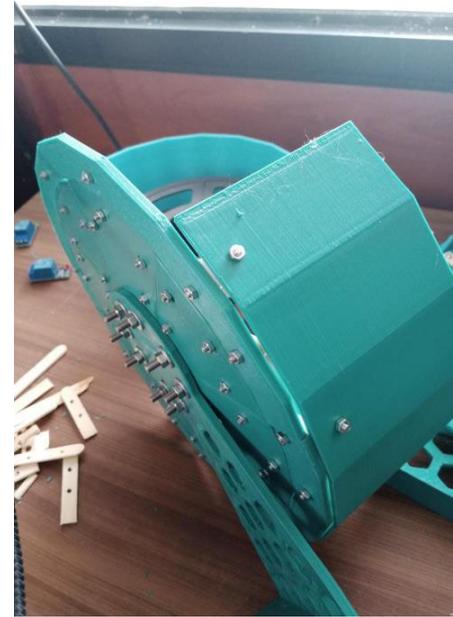
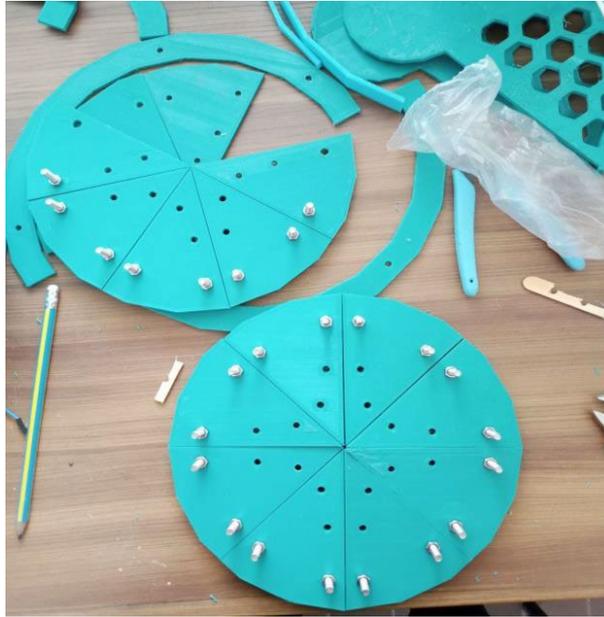
Propuesta Metodológica y Diseño

2. Impresión 3D de componentes



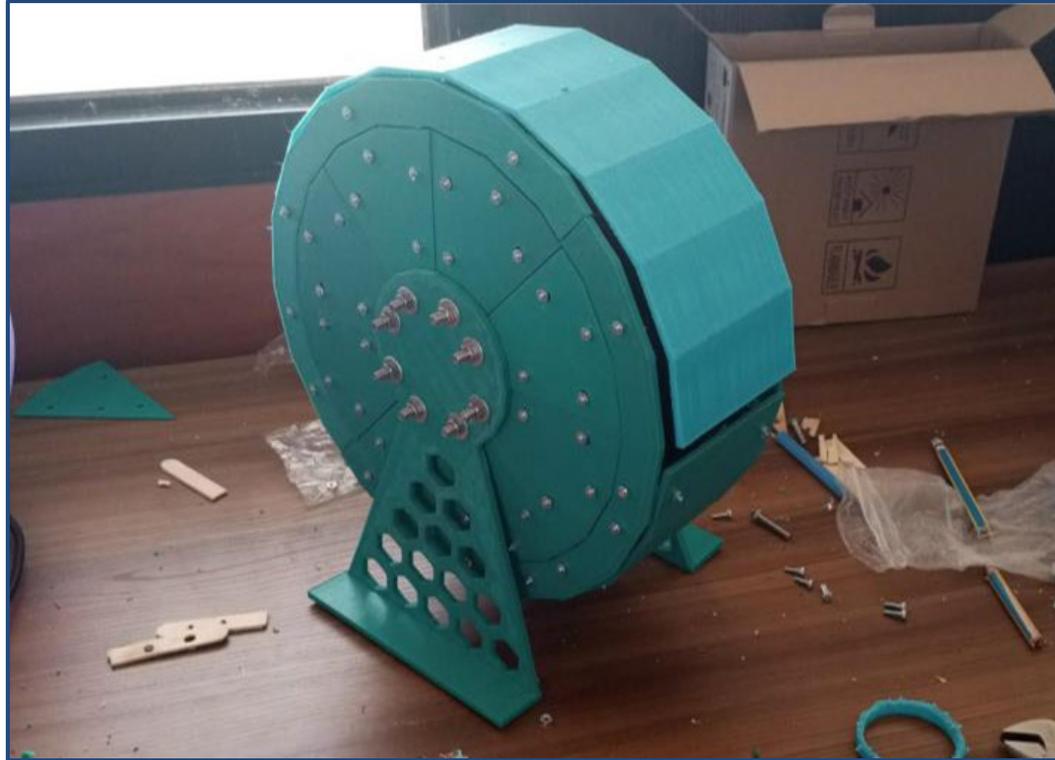
Propuesta Metodológica y Diseño

3. Montaje de piezas y componentes



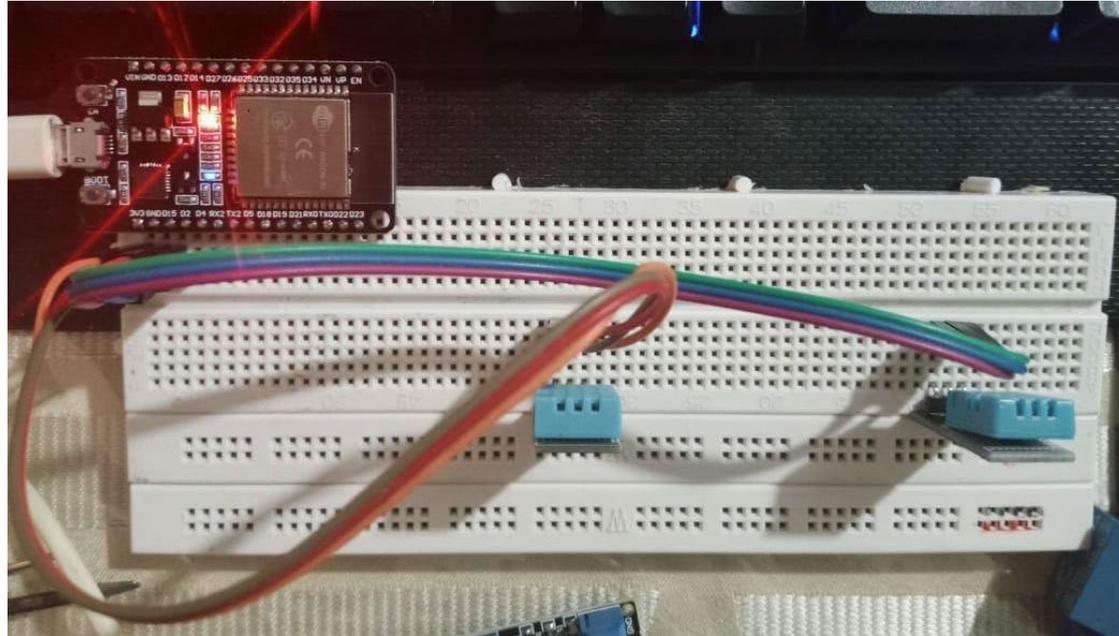
Propuesta Metodológica y Diseño

3. Montaje de piezas y componentes



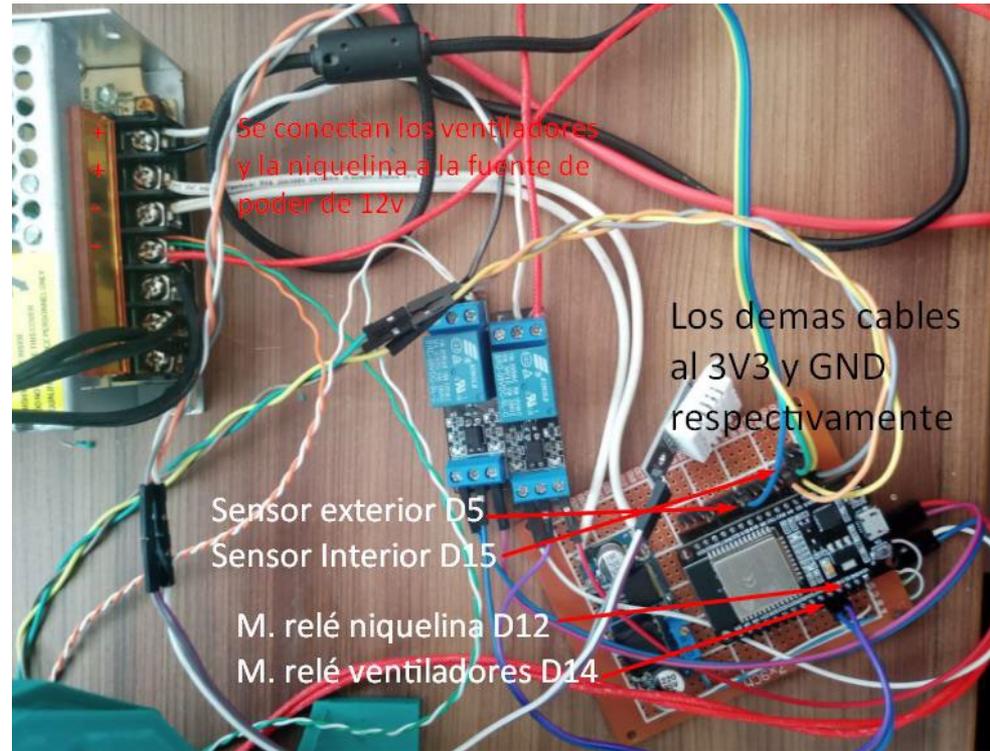
Propuesta Metodológica y Diseño

4. Análisis de componentes electrónicos



Propuesta Metodológica y Diseño

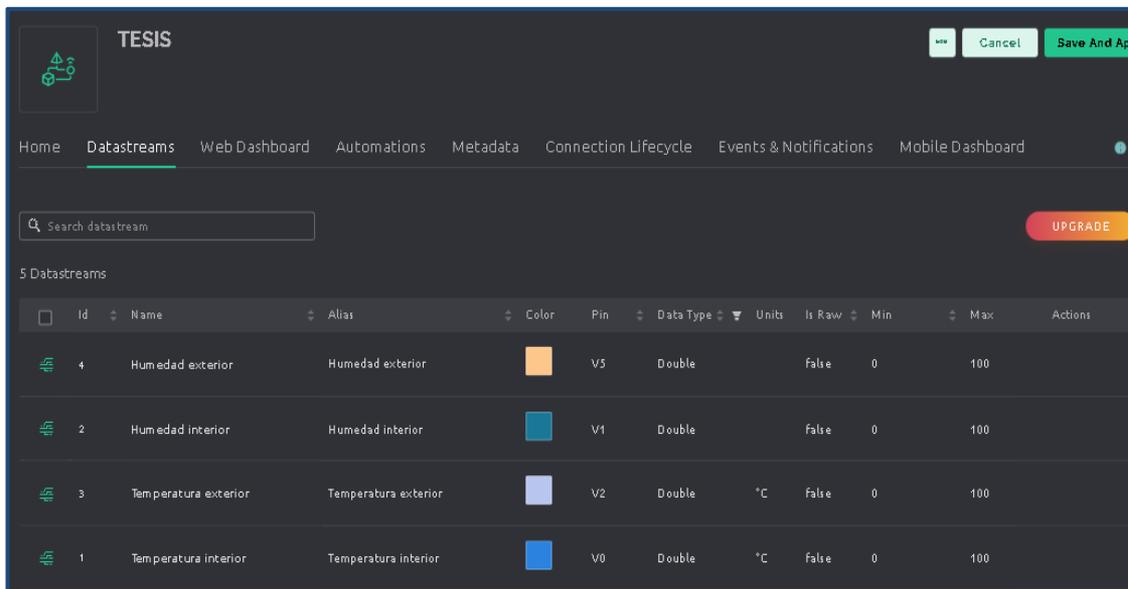
5. Implementación del circuito de control de humedad y temperatura



Propuesta Metodológica y Diseño

6. Desarrollo y evaluación del sistema de control y visualización de datos

6.1 Etapa de configuración del entorno de trabajo en Blynk IOT:



The screenshot shows the Blynk IOT configuration interface for a project named 'TESIS'. The interface includes a navigation menu with options like Home, Datstreams, Web Dashboard, Automations, Metadata, Connection Lifecycle, Events & Notifications, and Mobile Dashboard. A search bar for datstreams is visible, along with an 'UPGRADE' button. Below the search bar, there is a table listing 5 datstreams.

Id	Name	Alias	Color	Pin	Data Type	Units	Is Raw	Min	Max	Actions
4	Humedad exterior	Humedad exterior	Orange	V5	Double		false	0	100	
2	Humedad interior	Humedad interior	Teal	V1	Double		false	0	100	
3	Temperatura exterior	Temperatura exterior	Light Blue	V2	Double	°C	false	0	100	
1	Temperatura interior	Temperatura interior	Blue	V0	Double	°C	false	0	100	



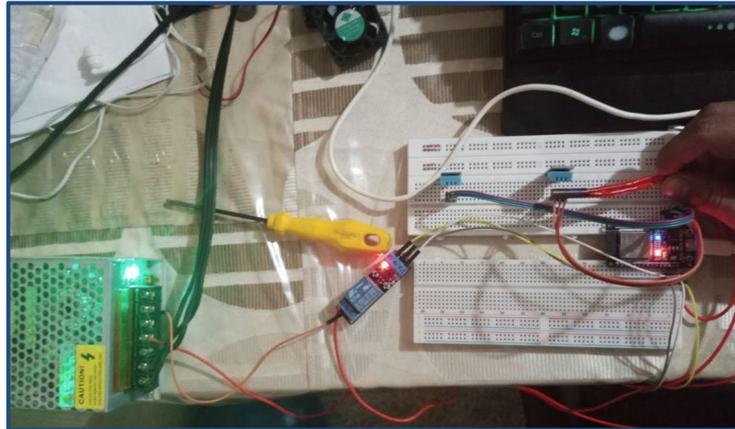
The screenshot shows the Blynk IOT dashboard for the 'TESIS' project. The dashboard displays four circular gauges representing sensor data. The gauges are arranged in a 2x2 grid. The top-left gauge shows 'Temperatura interior' at 33 °C. The top-right gauge shows 'Humedad interior' at 11. The bottom-left gauge shows 'Temperatura exterior' at 27.5 °C. The bottom-right gauge shows 'Humedad exterior' at 0. The dashboard also includes a navigation menu with options like Dashboard, Timeline, Device Info, Metadata, and Actions Log, and a time filter menu with options like Latest, Last Hour, 6 Hours, 1 Day, 1 Week, and 1 Month.



Propuesta Metodológica y Diseño

6. Desarrollo y evaluación del sistema de control y visualización de datos

6.1 Etapa de configuración del entorno de trabajo en Blynk IOT:

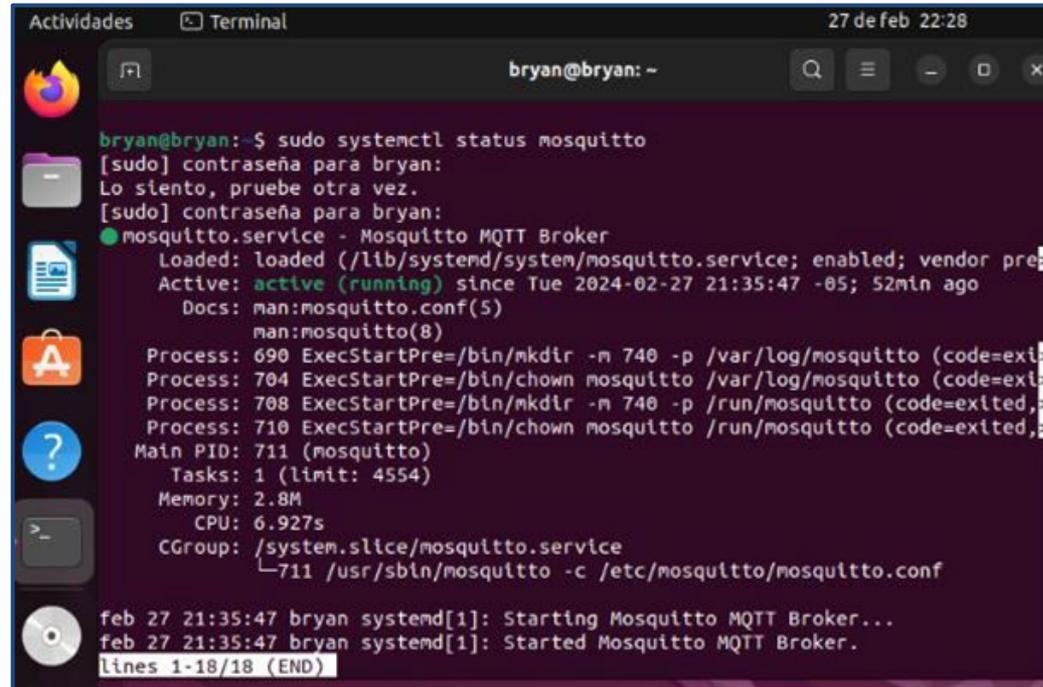


```
Sensor 1 - Temperatura interior : 42.00 Humedad interior : 7.00
Sensor 2 - Temperatura exterior: 27.30 Humedad exterior : 79.00
Sensor 1 - Temperatura interior : 42.00 Humedad interior : 7.00
Sensor 2 - Temperatura exterior: 27.30 Humedad exterior : 79.00
Sensor 1 - Temperatura interior : 42.00 Humedad interior : 7.00
Sensor 2 - Temperatura exterior: 27.30 Humedad exterior : 79.00
Sensor 1 - Temperatura interior : 42.00 Humedad interior : 7.00
Sensor 2 - Temperatura exterior: 27.30 Humedad exterior : 79.00
Sensor 1 - Temperatura interior : 43.00 Humedad interior : 6.00
Sensor 2 - Temperatura exterior: 27.30 Humedad exterior : 79.00
Sensor 1 - Temperatura interior : 43.00 Humedad interior : 6.00
Sensor 2 - Temperatura exterior: 27.30 Humedad exterior : 79.00
Sensor 1 - Temperatura interior : 43.00 Humedad interior : 6.00
Sensor 2 - Temperatura exterior: 27.30 Humedad exterior : 79.00
Sensor 1 - Temperatura interior : 43.00 Humedad interior : 6.00
Sensor 2 - Temperatura exterior: 27.30 Humedad exterior : 79.00
```

Propuesta Metodológica y Diseño

6. Desarrollo y evaluación del sistema de control y visualización de datos

6.2 Configuración de servidor MQTT y Node-RED:



```
Actividades Terminal 27 de feb 22:28
bryan@bryan: ~
bryan@bryan:~$ sudo systemctl status mosquitto
[sudo] contraseña para bryan:
Lo siento, pruebe otra vez.
[sudo] contraseña para bryan:
● mosquitto.service - Mosquitto MQTT Broker
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/mosquitto.service; enabled; vendor pre
   Active: active (running) since Tue 2024-02-27 21:35:47 -05; 52min ago
     Docs: man:mosquitto.conf(5)
           man:mosquitto(8)
   Process: 690 ExecStartPre=/bin/mkdir -m 740 -p /var/log/mosquitto (code=exi
   Process: 704 ExecStartPre=/bin/chown mosquitto /var/log/mosquitto (code=exi
   Process: 708 ExecStartPre=/bin/mkdir -m 740 -p /run/mosquitto (code=exited,
   Process: 710 ExecStartPre=/bin/chown mosquitto /run/mosquitto (code=exited,
 Main PID: 711 (mosquitto)
    Tasks: 1 (limit: 4554)
   Memory: 2.8M
     CPU: 6.927s
   CGroup: /system.slice/mosquitto.service
           └─711 /usr/sbin/mosquitto -c /etc/mosquitto/mosquitto.conf

feb 27 21:35:47 bryan systemd[1]: Starting Mosquitto MQTT Broker...
feb 27 21:35:47 bryan systemd[1]: Started Mosquitto MQTT Broker.
lines 1-18/18 (END)
```



Propuesta Metodológica y Diseño

6. Desarrollo y evaluación del sistema de control y visualización de datos

6.2 Configuración de servidor MQTT y Node-RED:

```
node-red
C:\Users\Bryan_Noboa>node-red
27 Feb 21:35:31 - [info]

Welcome to Node-RED
=====
27 Feb 21:35:31 - [info] Node-RED version: v3.1.5
27 Feb 21:35:31 - [info] Node.js version: v20.10.0
27 Feb 21:35:31 - [info] Windows_NT 10.0.19044 x64 LE
27 Feb 21:35:34 - [info] Loading palette nodes
27 Feb 21:35:37 - [info] Dashboard version 3.6.2 started at /ui
27 Feb 21:35:37 - [info] Settings file : C:\Users\Bryan_Noboa\.node-red\settings.js
27 Feb 21:35:37 - [info] Context store : 'default' [module=memory]
27 Feb 21:35:37 - [info] User directory : \Users\Bryan_Noboa\.node-red
27 Feb 21:35:37 - [warn] Projects disabled : editorTheme.projects.enabled=false
27 Feb 21:35:37 - [info] Flows file : \Users\Bryan_Noboa\.node-red\flows.json
27 Feb 21:35:37 - [warn]

-----
Your flow credentials file is encrypted using a system-generated key.

If the system-generated key is lost for any reason, your credentials
file will not be recoverable, you will have to delete it and re-enter
your credentials.

You should set your own key using the 'credentialSecret' option in
your settings file. Node-RED will then re-encrypt your credentials
file using your chosen key the next time you deploy a change.
-----

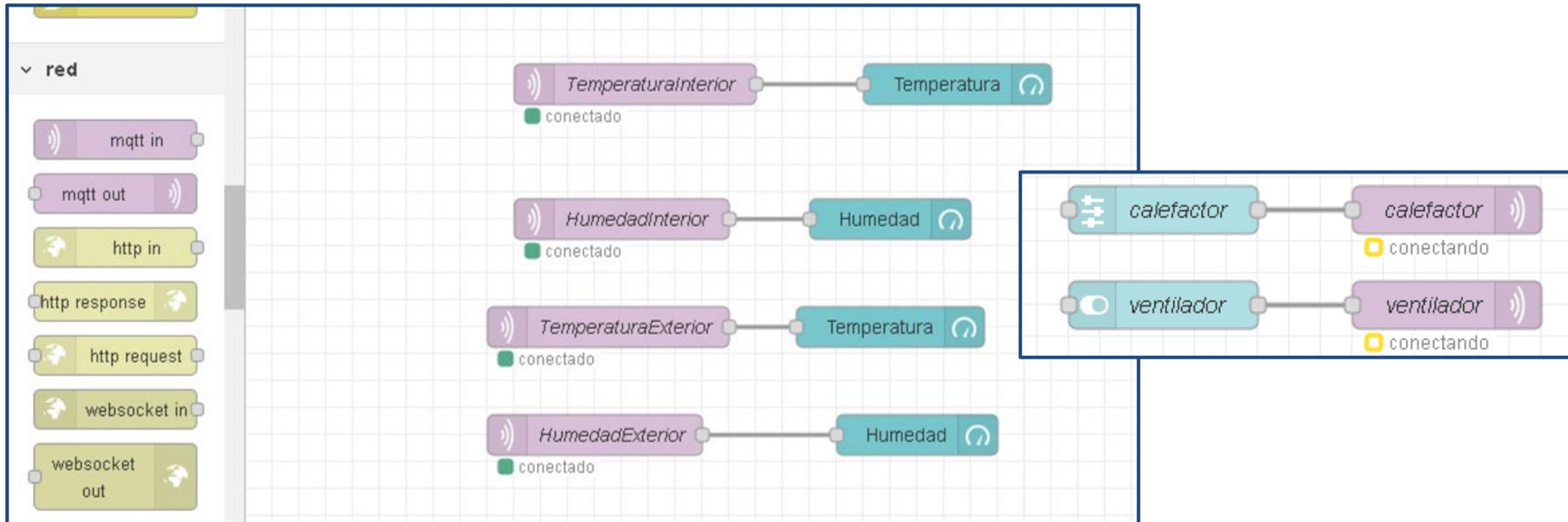
27 Feb 21:35:38 - [info] Server now running at http://127.0.0.1:1880/
27 Feb 21:35:38 - [info] Starting flows
27 Feb 21:35:38 - [info] Started flows
27 Feb 21:35:53 - [info] [mqtt-broker:8d7e1fe5bcb9fd67] Connected to broker: mqtt://192.168.0.9:1883
```



Propuesta Metodológica y Diseño

6. Desarrollo y evaluación del sistema de control y visualización de datos

6.2 Configuración de servidor MQTT y Node-RED:



Propuesta Metodológica y Diseño

6. Desarrollo y evaluación del sistema de control y visualización de datos

Edición de nodos en Node-RED asignando los tópicos y la dirección IP del servidor MQTT:

Editar nodo mqtt in > Editar nodo mqtt-broker

Eliminar Cancelar Actualizar

Propiedades

Conexión Seguridad Mensajes

Servidor 192.168.0.9 Puerto 1883

Conectar automáticamente

Utilizar TLS

Protocolo MQTT V3.1.1

ID Cliente Dejar en blanco para auto generado

Mantener activo 60

Sesión Usar sesión limpia

Propuesta Metodológica Y Diseño

6. Desarrollo y evaluación del sistema de control y visualización de datos

Edición de nodos en Node-RED asignando los temas y la dirección IP del servidor MQTT:

Editar nodo mqtt in

Eliminar Cancelar Hecho

Propiedades

Servidor 192.168.0.9:1883

Acción Suscríbete a un solo tema

Tema TemperaturaInterior

CdS 2

Salida auto-detectar (objeto JSON, texto o buffer)

Nombre TemperaturaInterior

Editar nodo mqtt out

Eliminar Cancelar Hecho

Propiedades

Servidor 192.168.0.9:1883

Tema temperatura_deseada

CdS Retener

Nombre calefactor

Consejo: Deja el tema, CdS o manténgalo en blanco si quieres configurarlos a través de las propiedades del mensaje.

Editar nodo switch

Eliminar Cancelar Hecho

Propiedades

Tooltip optional tooltip

Icon Default

Pass through msg if payload matches valid state:

When clicked, send:

On Payload 0

Off Payload 1

Topic msg. ventilador

Class Optional CSS class name(s) for widget

Name ventilador

Propuesta Metodológica y Diseño

Análisis económico:

Componente	Tipo	Descripción	Precio (USD)	Cantidad
Módulo ESP32	Electrónico	Microcontrolador Wifi-Bluetooth ESP32 30 Pines Devkit	\$12.00	1
Módulo Relé 5V	Electrónico	Interruptor electromagnético	\$5.00	2
Resistencia níquelina	Resistivo	12V 40W Para extrusor de impresora 3D	\$5.50	1
Ventilador	Electrónico	12V 4X4X1 cm 4010 3D	\$5.00	2
Modulo Sensor de temperatura y Humedad	Electrónico	DTH11 con cable Arduino	\$4.50	2
Modulo Sensor de temperatura y Humedad	Electrónico	DTH22 con cable Arduino	\$7.00	2



Propuesta Metodológica y Diseño

Análisis económico:

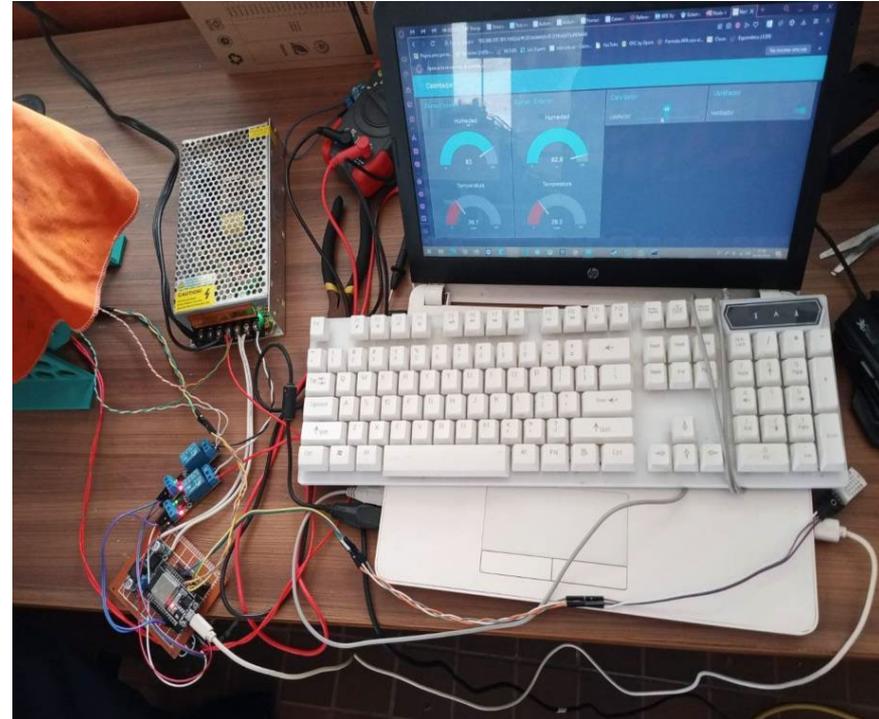
Precio x hora de impresión 3D	Impresora 3D	Tiempo requerido para imprimir todas las partes y piezas del calefactor	\$0.75 /hora	111 horas
Precio rollo de impresión PLA	Impresora 3D	Rollo de fibra PLA requerido para imprimir las piezas del calefactor	\$22.0	1
Sub Total	-	-	\$39.00	10
Total	-	-	\$89.50	-



Propuesta Metodológica y Diseño

7. Pruebas operativas y de integración

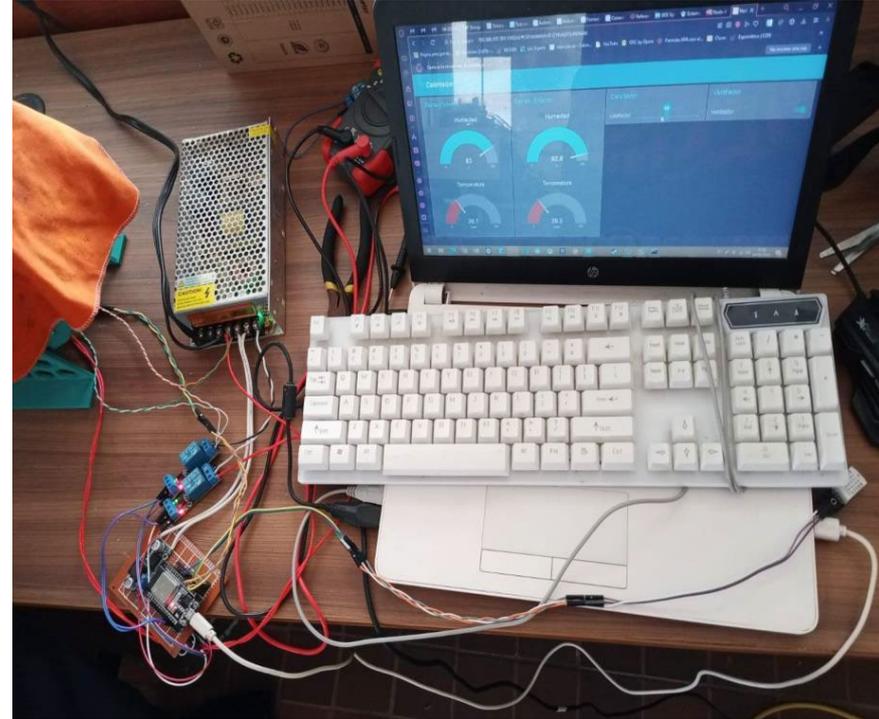
- Probar que en la parte interior del dispositivo la recirculación de aire caliente a través de los 2 ventiladores hasta alcanzar la temperatura objetivo.
- Se verificó la conectividad y la interoperabilidad entre los diferentes elementos del sistema.



Propuesta Metodológica y Diseño

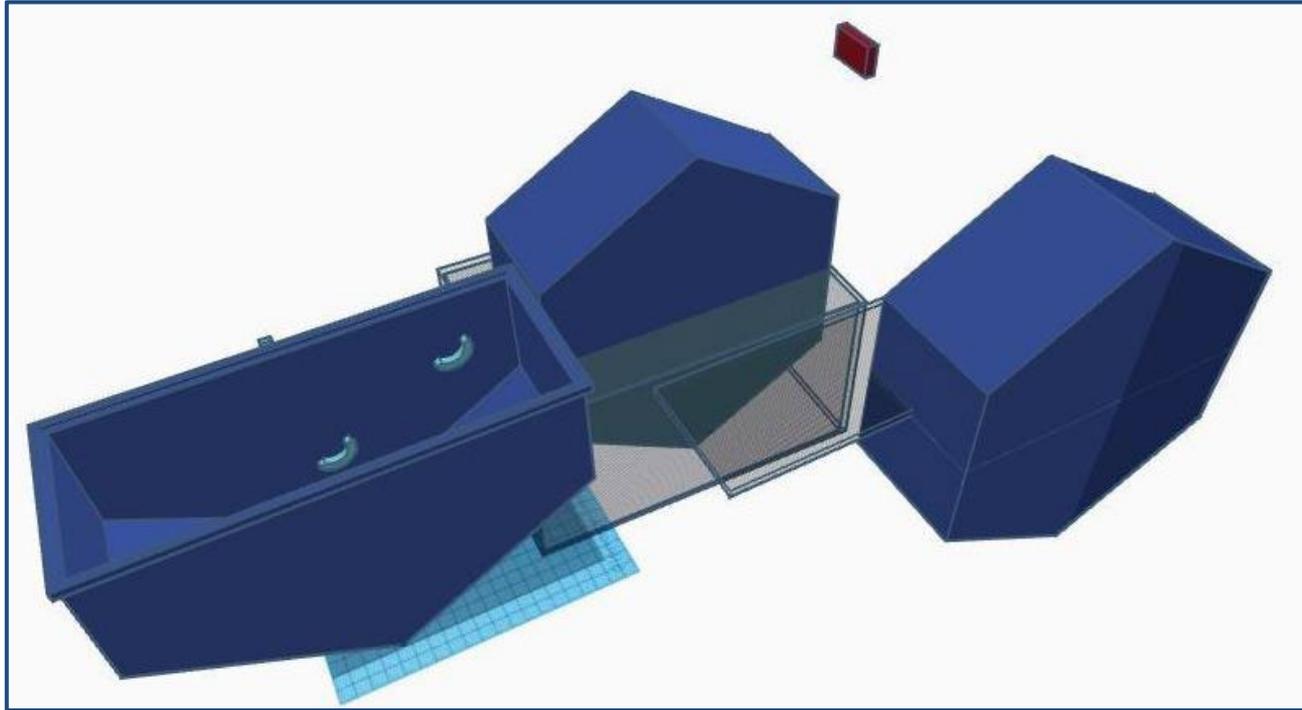
7. Pruebas operativas y de integración

- Conexión del módulo ESP32 con el punto de acceso Wi-Fi.
- Conexión entre el módulo ESP32 y sus sensores/actuadores con el servidor MQTT a través de Node-RED



Resultados

Diseño inicial (no funcional)



Resultados

- Tiempo total de impresión = 111 horas y 30 minutos.



Resultados

- PLA con higroscopía (sensibilidad a la humedad).
- Cristalización (perdió su maleabilidad).
- Temperatura ambiental del laboratorio de prueba (25 a 27 grados centígrados con una humedad del 80 a 90%.)



Resultados

- El control de la temperatura se realizó conforme a la programación establecida, manteniendo un margen de error de 2.0 grados Celsius.



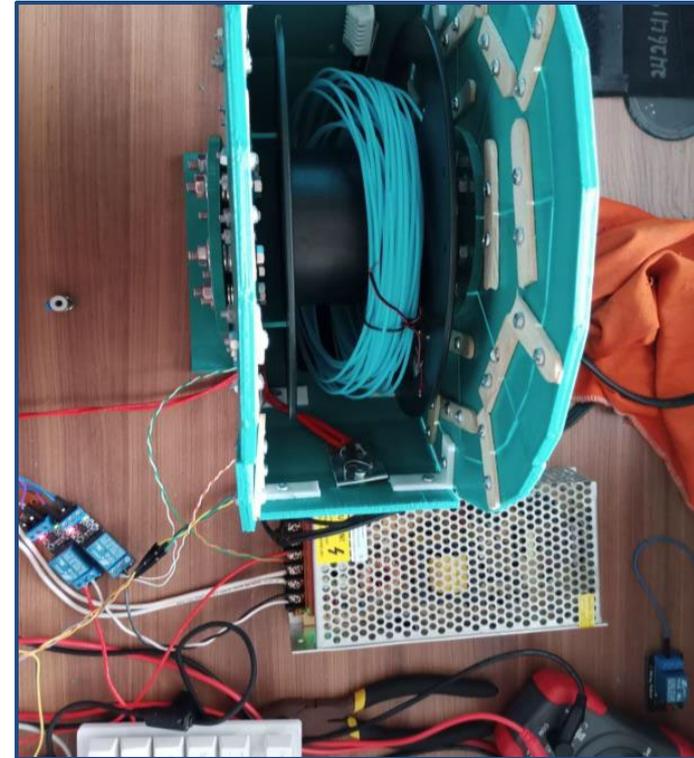
```
14
15 const char* topic_temp_interior = "TemperaturaInterior"
16 const char* topic_hum_interior = "HumedadInterior"; //
17 const char* topic_temp_exterior = "TemperaturaExterior"
18 const char* topic_hum_exterior = "HumedadExterior"; //
19 const char* topic_temp_deseada = "temperatura deseada";

Serial Monitor X Output

Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM4')
Ventilador encendido
Calefactor apagado
Temperatura interior: 34.00 °C - Humedad interior: 14.00 %
Temperatura exterior: 30.20 °C - Humedad exterior: 69.00 %
Calefactor encendido
Temperatura interior: 34.00 °C - Humedad interior: 14.00 %
Temperatura exterior: 30.20 °C - Humedad exterior: 69.00 %
Calefactor encendido
```

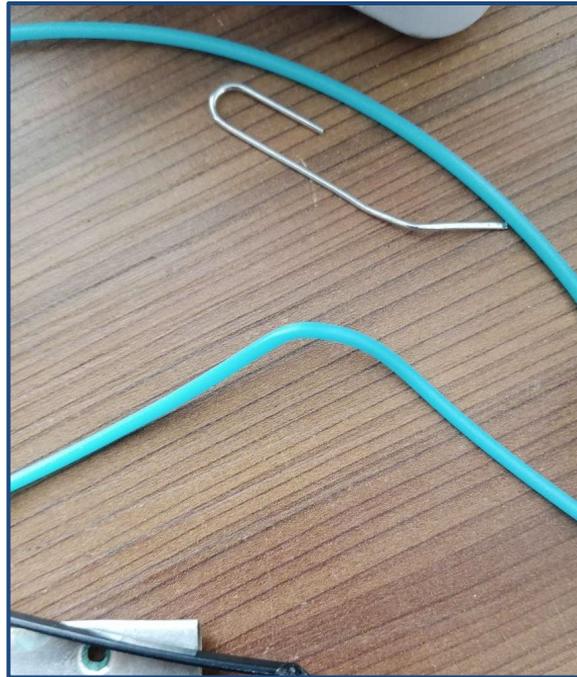
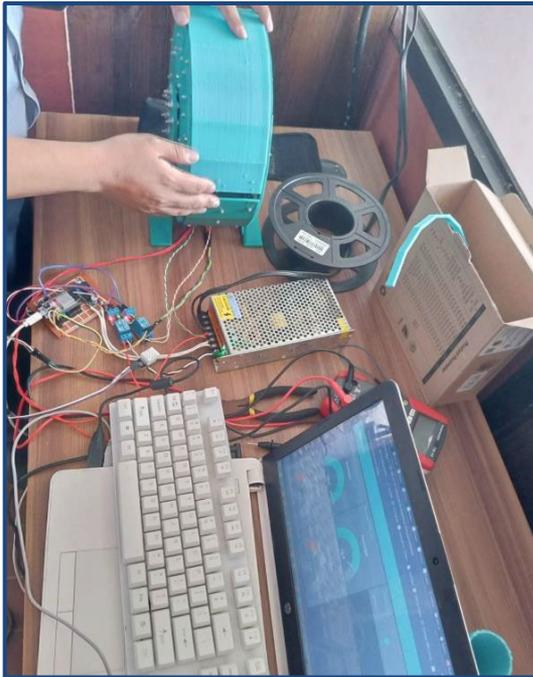
Resultados

- Después de realizar varias pruebas, al calentar el PLA cristalizado a una temperatura comprendida entre 45 y 50 grados Celsius resultó adecuado para restaurar su maleabilidad y prevenir su cristalización durante el proceso de impresión.
- Se colocó el rollo de PLA dentro del calefactor durante aproximadamente 40 minutos para extraer la humedad y mejorar su calidad (para que los ventiladores permitan recircular el aire caliente por el interior del calefactor).



Resultados

La temperatura deseada permitió que el PLA recupere su flexibilidad y manejabilidad.



El mismo proceso es requerido para restaurar la maleabilidad de la fibra PET, que requiere una temperatura elevada para extraer su humedad (alrededor de 65 a 70 grados) en un tiempo de 40 a 60 minutos.

Conclusiones

- Todo el diseño del calefactor propuesto es original y modular, es decir, se puede armar y desarmar sin ningún problema. Estas piezas fueron diseñadas con el software de diseño asistido llamado Tinkercad, seleccionado por su facilidad para manipular elementos y figuras muy básicas, que, en conjunto, conforman un sistema completo de calefacción de fibras PLA y PET.
- Por otro lado, se exploró el uso del software en línea Blynk IoT, una plataforma que permitió la conexión y control de dispositivos IoT a través de dashboards. Sin embargo, es importante destacar que Blynk IoT no es completamente de acceso libre, ya que se requiere una suscripción para desbloquear funciones adicionales como la creación de más dashboards.

Conclusiones

- Es importante destacar que se cumplió con el objetivo principal de este proyecto que fue el diseño y la construcción de un sistema de calefacción destinado a la extracción de humedad de fibras PLA y PET. Mediante la integración de tecnologías 3D e IoT se pudo restaurar, en una etapa inicial, la maleabilidad de una fibra de color Cyan que presentó cristalización.
- Con los resultados expuestos, se confirma la hipótesis planteada: se diseñó y construyó un calefactor eficiente y preciso, diseñado y fabricado con tecnologías de impresión 3D y que ofrece un control de temperatura mediante sensores y actuadores que forman una red IoT, con lo cual, fue posible la regulación térmica y la restauración de la maleabilidad de fibras de impresión de tipo PLA y PET.

Recomendaciones

- Si se desea utilizar Blynk IoT para el manejo de dispositivos IoT a gran escala, es recomendable optar por la suscripción paga, ya que proporciona una mayor seguridad y funcionalidad.
- Es crucial que todos los dispositivos estén conectados en la misma red para facilitar su control y permitir la comunicación entre ellos. El uso de protocolos de publicación y suscripción (pub/sub), como MQTT, es esencial para la transmisión eficiente de datos entre los dispositivos.
- Es fundamental utilizar fibra PLA en buen estado al momento de imprimir los diseños en 3D, ya que una fibra deteriorada puede romperse durante el proceso de impresión, lo que conlleva dificultades en el trabajo.
- Para mantener la fibra PLA en óptimas condiciones, es recomendable almacenarla en lugares con una temperatura adecuada que garantice su integridad y evite posibles deformaciones.