



industriales
etsii

**Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Industrial**

Prueba de Concepto de una Nueva Energía Renovable: La Inercia Térmica Noche-Día.

TRABAJO FIN DE MÁSTER

MASTER EN ENERGÍAS RENOVABLES

Autor: Glory Maciel Polanco Furcal

Directora: María del Mar García Alcaraz



**Universidad
Politécnica
de Cartagena**

Cartagena, 15 de septiembre de 2023

Índice General

I. Introducción.....	9
II. Objetivos.....	11
III. Metodología.....	11
IV. Marco Teórico.....	12
IV.1. Ubicación.....	12
IV.2. Condiciones Climáticas	12
IV.2.1. Temperaturas	12
IV.2.2. Precipitaciones.....	13
IV.2.3. Humedad.....	14
IV.2.4. Vientos.....	15
IV.2.5. Horas de Sol	15
IV.3. Conceptos Clave	16
IV.3.1. Condensadores Masivos	16
IV.3.2. Conceptos de Termodinámica	17
IV.3.2.1. Termodinámica.....	17
IV.3.2.2. Leyes de la Termodinámica.....	18
IV.3.2.3. Procesos Termodinámicos	18
IV.3.2.4. Ciclos Termodinámicos	19
IV.3.2.5. Sistema	19

IV.3.2.6.	Estado	19
IV.3.2.7.	Punto de Rocío	19
IV.3.3.	Conceptos Climáticos	19
IV.3.3.1.	Agua Atmosférica.....	19
IV.3.3.2.	Energía Térmica	20
IV.3.3.3.	Humedad.....	20
IV.3.3.4.	Condensación	20
IV.3.3.5.	Inercia Térmica.....	20
IV.3.3.6.	Conductividad Térmica	20
IV.3.4.	Conceptos de Electrónica	20
IV.3.4.1.	Microcontrolador	20
IV.3.4.2.	Sensor	21
IV.3.4.3.	Batería.....	21
IV.3.4.4.	Reloj en Tiempo Real	21
IV.3.4.5.	Resistencia Eléctrica.....	21
IV.3.4.6.	Display.....	21
IV.3.4.7.	Protocolo de Comunicación	22
IV.3.4.8.	I2C	22
IV.3.4.9.	Arduino.....	22
IV.3.4.10.	SPI	22
V.	Marco Metodológico.....	22

V.1.	Materiales Utilizados para el Experimento	23
V.1.1.	Microcontrolador ESP32	23
V.1.2.	Depósito de Volumen de Líquido.....	24
V.1.3.	Sensor de Temperatura y Humedad.....	26
V.1.4.	Adaptador Memoria Micro SD.....	27
V.1.5.	Memoria MicroSD.....	29
V.1.6.	Sensor de Temperatura	30
V.1.7.	Reloj Tiempo Real.....	32
V.1.8.	Sensor de Temperatura Infrarrojo.....	33
V.1.9.	Multiplexor I2C	35
V.2.	Diseño Prototipo	37
V.3.	Desarrollo del Prototipo	42
V.3.1.	Preparación y Montaje Final del Equipo	44
VI.	Resultados	50
VII.	Conclusiones	62
VIII.	Referencias	65
IX.	Anexos.....	68
IX.1.	Código ARDUINO Funcionamiento del Equipo	68
IX.2.	Presupuesto.....	73

Índice de Figuras

Figura 1: Ubicación Cartagena en el Mapa.	12
Figura 2: Diagrama Temperatura Cartagena.	13
Figura 3: Climograma Cartagena.....	14
Figura 4: Tabla Climática Cartagena.	14
Figura 5: Promedio de Horas de Sol Diarias al Mes.	15
Figura 6: Total de Horas de Sol al Mes.	16
Figura 7: Freenove ESP32 Wrover.....	23
Figura 8: Depósitos Volumen de Líquido.	25
Figura 9: Sensor de Temperatura y Humedad DHT22.....	26
Figura 10: Adaptador Memoria Micro SD para Arduino.	28
Figura 11: Memorias Microsd con adaptador.....	29
Figura 12: Sensor de Temperatura DS18B20.....	31
Figura 13: Reloj en Tiempo Real DS1307.	32
Figura 14: Sensor de Temperatura Infrarrojo GY-906 MLX90614.....	34
Figura 15: Multiplexor I2C.....	35
Figura 16: Diseño del Sistema.	37

Figura 17: Esquema del Sistema.....	42
Figura 18: Placa de Prueba o Breadboard.....	43
Figura 19: Materiales para pruebas iniciales y montaje final.	45
Figura 20: Otros materiales para pruebas iniciales y montaje final.	45
Figura 21: Espacio de trabajo, materiales para pruebas iniciales y montaje final.....	46
Figura 22: Prueba inicial de cableado equipos.	46
Figura 23: Otra prueba inicial de cableado de equipos.	47
Figura 24: Prueba inicial de programación equipos Arduino.....	47
Figura 25: Prueba inicial cableado de los sensores de temperatura (Caja Secundaria).....	48
Figura 26: Montaje final cableado de los equipos (Caja Principal).	48
Figura 27: Montaje final caja secundaria, con sensor de temperatura infrarrojo.....	49
Figura 28: Montaje final de los recipientes, con cajas secundarias.....	49
Figura 29: Gráfica de Temperatura en el tiempo tomadas por los distintos sensores tanto para la pared, centro y exterior del Recipiente de Plástico de 50L y Temperatura Ambiente DHT22.....	51

Figura 30: Gráfica de Temperatura en el tiempo tomadas por los distintos sensores tanto para la pared, centro y exterior del Recipiente de Plástico de 20L y Temperatura Ambiente DHT22.	51
Figura 31: Gráfica de Temperatura en el tiempo tomadas por los distintos sensores tanto para la pared, centro y exterior del Recipiente de Metal de 50L y Temperatura Ambiente DHT22.	52
Figura 32: Gráfica de Temperatura en el tiempo tomadas por los distintos sensores tanto para la pared, centro y exterior del Recipiente de Metal de 20L y Temperatura Ambiente DHT22.	52
Figura 34: Gráfica de Temperatura en el tiempo tomadas por los distintos sensores tanto para la pared, centro y exterior recipiente de Plástico de 20L comparadas con el Punto de Rocío del Ambiente DHT22.	55
Figura 35: Gráfica de Temperatura en el tiempo tomadas por los distintos sensores tanto para la pared, centro y exterior recipiente de Plástico de 50L comparadas con el Punto de Rocío del Ambiente DHT22.	55
Figura 36: Gráfica de Temperatura en el tiempo tomadas por los distintos sensores tanto para la pared, centro y exterior recipiente de Metal de 20L comparadas con el Punto de Rocío del Ambiente DHT22.	56
Figura 37: Gráfica de Temperatura en el tiempo tomadas por los distintos sensores tanto para la pared, centro y exterior recipiente de Metal de 50L comparadas con el Punto de Rocío del Ambiente DHT22.	56

Figura 38: Gráfica de Temperatura en el tiempo tomadas por los distintos sensores tanto para la pared, centro y exterior recipiente de Plástico de 20L comparadas con el Punto de Rocío de la Estación Meteorológica.	58
Figura 39: Gráfica de Temperatura en el tiempo tomadas por los distintos sensores tanto para la pared, centro y exterior recipiente de Plástico de 50L comparadas con el Punto de Rocío de la Estación Meteorológica.	59
Figura 40: Gráfica de Temperatura en el tiempo tomadas por los distintos sensores tanto para la pared, centro y exterior recipiente de Metal de 20L comparadas con el Punto de Rocío de la Estación Meteorológica.	59
Figura 41: Gráfica de Temperatura en el tiempo tomadas por los distintos sensores tanto para la pared, centro y exterior recipiente de Metal de 50L comparadas con el Punto de Rocío de la Estación Meteorológica.	60
Figura 42: Gráfica de Temperatura Ambiente con la Humedad Relativa en el tiempo.	61
Figura 43: Tabla Presupuesto montaje del Equipo.	73

I. Introducción

El agua es un recurso esencial para la vida en nuestro planeta. Sin embargo, a pesar de su importancia vital, la necesidad de agua a nivel mundial se ha convertido en una preocupación inevitable en los últimos tiempos. A medida que la población mundial continúa creciendo y las demandas de agua aumentan, nos enfrentamos a un desafío cada vez mayor para satisfacer esta necesidad básica.

El acceso a agua limpia y segura es fundamental para la salud humana, la producción de alimentos, la energía, el desarrollo económico y el bienestar general de las comunidades. Sin embargo, millones de personas en todo el mundo aún carecen de acceso a agua potable, lo que pone en peligro su salud y su calidad de vida.

Cuando pensamos en la necesidad de agua, a menudo nos viene a la mente la imagen de ríos, lagos y océanos. Sin embargo, existe otro recurso acuático que a menudo pasa desapercibido pero que desempeña un papel crucial: el agua atmosférica.

El agua atmosférica se refiere al agua presente en forma de vapor en la atmósfera terrestre. Aunque no podemos verla a simple vista, el vapor de agua está constantemente presente en el aire que respiramos.

Existen distintos métodos para la condensación del agua atmosférica. El objetivo siempre es reducir la temperatura del aire para que la humedad relativa alcance el 100%, y así lograr la condensación. En el caso de este trabajo se utilizará la inercia térmica que se refiere a la propiedad de los materiales o sistemas de resistir cambios rápidos en su temperatura. Cuando se aplica calor a un material con alta inercia térmica, este puede absorber y retener una gran cantidad de energía térmica sin experimentar un cambio significativo en su temperatura. Por otro lado, un material con baja inercia térmica se calentará o enfriará más rápidamente en respuesta a un aumento o disminución en el flujo de calor.

El tema de la inercia térmica de los materiales ha sido estudiado tal es el caso del Estudio de la Contribución de la Inercia Térmica al Comportamiento Térmico de Edificios [1], el cual tenía como objetivo del estudio entender cómo los materiales de construcción y la

inercia térmica afectan la temperatura dentro de un edificio con el tiempo. Por lo cual era o es de gran importancia para ellos en esa investigación buscar maneras de mejorar la arquitectura de los edificios.

Las metodologías que utilizaron para la realización de este estudio fueron las siguientes:

- Se realiza un estudio inicial en el que se examina, bajo condiciones controladas de laboratorio, cómo la introducción de inercia térmica en un espacio con un volumen determinado afecta únicamente a su capacidad de acumulación de energía.
- En una etapa posterior de la investigación, se analiza el impacto de la inercia térmica presente en los componentes que conforman el revestimiento de un módulo experimental, utilizando simulaciones energéticas como método de evaluación.

El estudio concluyó que la inercia térmica tiene un doble efecto, como se observó en las pruebas. En primer lugar, actúa como acumulador de calor en un espacio interior. Cuando la masa se encuentra en el interior, su capacidad de acumulación térmica es del 100%, pero si está en la envolvente, su capacidad es menor (dependiendo de la posición en relación al material aislante, entre otros factores). No obstante, el efecto de acumulación de energía es similar en ambos casos [1].

Por otro lado, cuando la inercia térmica está presente en la envolvente, se aprecia otro efecto muy importante, que es la alteración de los intercambios de calor entre el espacio interior y exterior. Es decir, cuando fluye energía a través de un elemento constructivo, la masa de dicho elemento tiene un impacto significativo en ese flujo. La transmitancia térmica estacionaria, que no considera la masa de los materiales en los sistemas constructivos, se concluye que es un parámetro inexacto, y su inexactitud aumenta a medida que aumenta la masa de los cerramientos. En términos simples, si un cerramiento tiene más masa, su comportamiento cambiará más respecto a un cálculo en condiciones constantes.

En el caso del agua esta tiene una gran una inercia térmica la cual le da la capacidad para almacenar y liberar calor. El agua tiene una alta capacidad calorífica, lo que significa que requiere una cantidad considerable de energía para elevar su temperatura. Además, el

agua tiene una alta conductividad térmica, lo que permite que el calor se transfiera rápidamente a través de ella.

Entonces nos planteamos la hipótesis de si es posible almacenar el frío de la noche en un recipiente con un determinado volumen de agua, que denominaremos condensador masivo. Esperamos que la superficie de los condensadores masivos mantenga una temperatura por debajo del punto de rocío, para que, con la llegada del aire cálido y húmedo del amanecer, el vapor de agua se condensa al chocar contra esta superficie.

Hasta la fecha, no se ha realizado investigación sobre la aplicación de la inercia térmica para la condensación de humedad atmosférica, por lo cual, el objetivo principal de este trabajo de fin de máster es llevar a cabo dicho estudio.

II. Objetivos

El objetivo general de este trabajo es identificar e iniciar el proceso de validación de una fuente alternativa de recursos hídricos procedentes de la humedad atmosférica.

Los objetivos específicos del presente trabajo de fin de máster son:

- Caracterizar los procesos físicos que controlan la condensación de humedad en superficies expuestas a la intemperie, identificando las variables que intervienen en el proceso de condensación.
- Desarrollar y monitorizar un prototipo para generación puntual de agua para riego, denominado condensador masivo.

III. Metodología

Con estos objetivos se quiere demostrar si el "condensador masivo" es una solución viable y sostenible para la generación de agua a través de la condensación controlada, y comprender a fondo tanto los principios científicos como las consideraciones técnicas necesarias para su éxito. Por lo cual la metodología se centrará en comprobar que la temperatura de la superficie del cubo se mantenga por debajo del punto de rocío, un requisito para que la condensación ocurra. Esto se logrará mediante el uso de sensores de temperatura y humedad, y la recopilación de datos en diferentes condiciones climáticas.

Los resultados de estos experimentos respaldan la viabilidad del "condensador masivo" como una solución efectiva para la generación de agua.

IV. Marco Teórico

IV.1. Ubicación

Este trabajo será realizado en la ciudad de Cartagena, provincia Murcia como se muestra en la figura 1, en donde se hará la toma de muestra de los datos con diferentes sensores para procesarlos y ver la relación existente entre las variables medidas [2].



Figura 1: Ubicación Cartagena en el Mapa.

Autor: Weather-Forecast. 2023.

IV.2. Condiciones Climáticas

IV.2.1. Temperaturas

Los veranos son calurosos, con un promedio de temperaturas máximas por mes que oscilan entre los 14.9 y 28.5 grados Celsius. Los inviernos son suaves, con un promedio de temperaturas mínimas por mes alrededor de los 9.6 y 23.2 grados Celsius. El promedio de temperatura media anual es de alrededor de 12.2 y 25.8 grados Celsius, como se muestra en la figura 2.

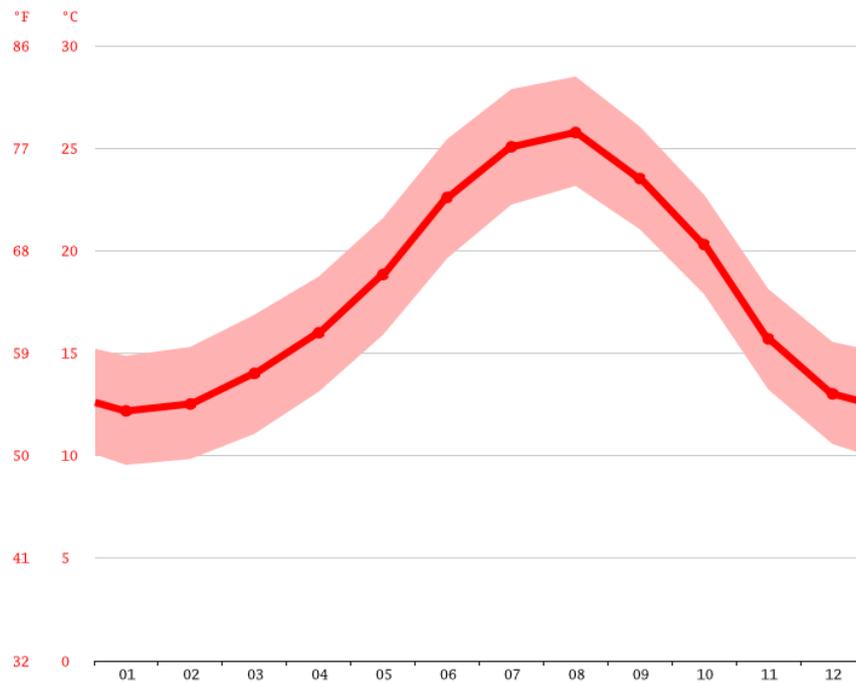


Figura 2: Diagrama Temperatura Cartagena.

Autor: Climate-Data.org. 2019.

Se registran temperaturas más elevadas, con un promedio de aproximadamente 25.8 °C, durante el mes de agosto, mientras que enero se destaca como el período más frío, con temperaturas que promedian alrededor de 12.2 °C [3].

IV.2.2. Precipitaciones

Cartagena experimenta precipitaciones moderadas, con la mayoría de las lluvias concentradas en los meses de otoño e invierno. La precipitación anual promedio mensual oscila entre los 2 y 38 mm, como se muestra en la figura 3.

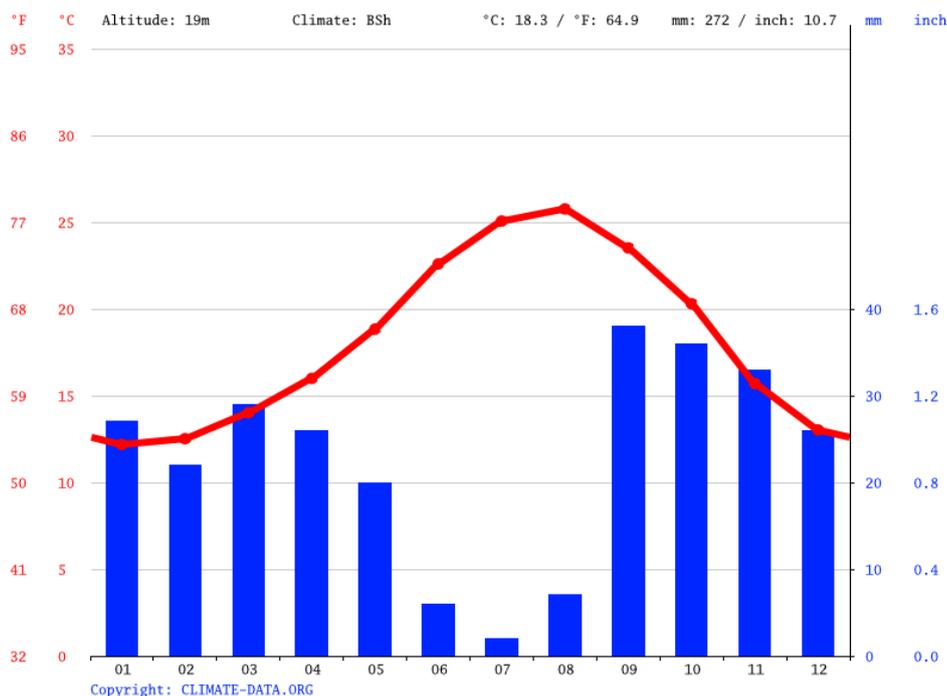


Figura 3: Climograma Cartagena.

Autor: Climate-Data.org. 2019.

La menor cantidad de lluvia ocurre en julio. El promedio de este mes es 2 mm. La mayor parte de la precipitación aquí cae en septiembre, promediando 38 mm [3].

IV.2.3. Humedad

Dado que Cartagena está ubicada en la costa, la humedad relativa tiende a ser más alta, especialmente durante los meses de verano. La humedad relativa promedio se sitúa alrededor del 66-74% durante el año, como se muestra en la figura 4.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	12.2	12.5	14	16	18.8	22.6	25.1	25.8	23.5	20.3	15.7	13
Temperatura min. (°C)	9.6	9.8	11.1	13.1	15.9	19.6	22.2	23.2	21	17.9	13.2	10.6
Temperatura máx. (°C)	14.9	15.3	16.9	18.7	21.6	25.4	27.9	28.5	26.1	22.7	18.1	15.6
Precipitación (mm)	27	22	29	26	20	6	2	7	38	36	33	26
Humedad(%)	69%	66%	68%	68%	69%	69%	72%	72%	71%	74%	68%	70%
Días lluviosos (días)	3	3	3	3	2	1	0	1	3	4	4	3

Figura 4: Tabla Climática Cartagena.

Autor: Climate-Data.org. 2019.

La humedad relativa más alta se mide en octubre (73.51 %). El más bajo en febrero (65.87 %) [3].

IV.2.4. Vientos

La brisa marina es común en Cartagena, especialmente durante los meses de verano. Los vientos predominantes soplan del sureste y pueden ser refrescantes en los días calurosos [3].

IV.2.5. Horas de Sol

Cartagena disfruta de muchas horas de sol a lo largo del año. La media anual supera las 2.800 horas de sol, lo que contribuye a un clima agradable y propicio para el turismo, como se muestra en la figura 5.

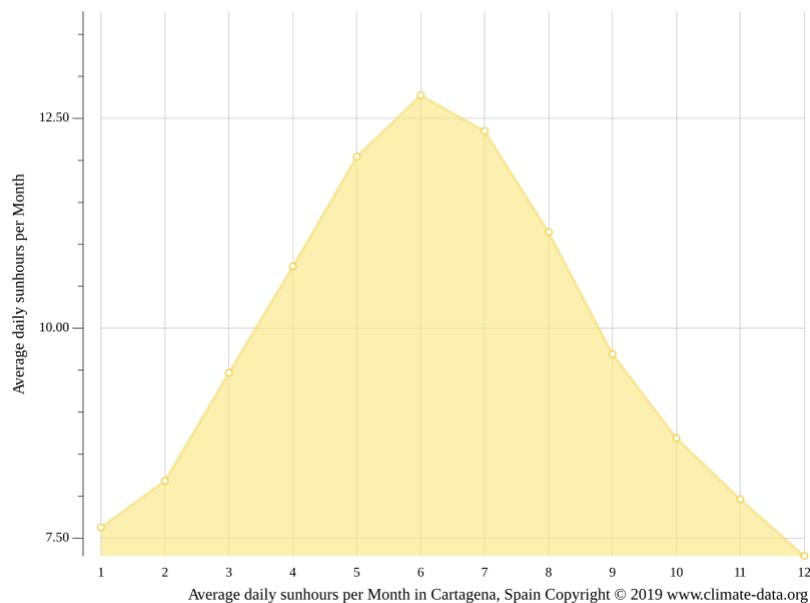


Figura 5: Promedio de Horas de Sol Diarias al Mes.

Autor: Climate-Data.org. 2021.

En Cartagena, el mes con más horas de sol es junio con un promedio de 12.77 horas de sol. En enero, el número más bajo de horas diarias de sol se mide en Cartagena en promedio 7.29 horas de sol al día como se muestra en la figura 6.

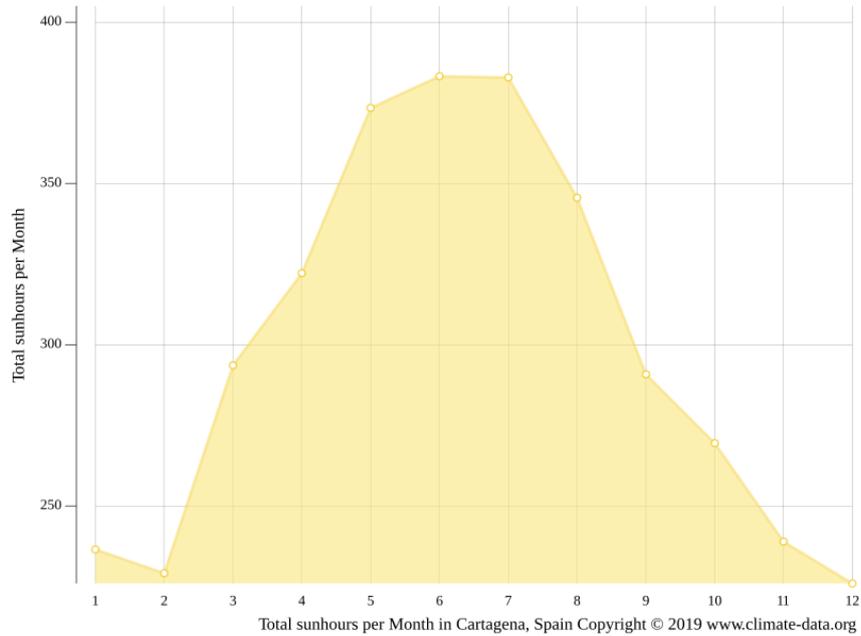


Figura 6: Total de Horas de Sol al Mes.

Autor: Climate-Data.org. 2021.

En junio hay un total de 383.23 horas de sol durante todo el mes y enero un total de 225.98 horas de sol. En Cartagena se cuentan alrededor de 3591.66 horas de sol durante todo el año. En promedio, hay 117.98 horas de sol al mes [3].

IV.3. Conceptos Clave

IV.3.1. Condensadores Masivos

El término "condensadores masivos" en el contexto de este TFM se refiere a dispositivos diseñados para capturar el frío de la noche y condensar vapor de agua del ambiente y convertirlo en agua líquida. Este tipo de tecnología puede ser especialmente útil en áreas donde el agua es escasa, pero con elevada humedad en el aire.

Puntos clave sobre los condensadores masivos:

- **Principio de Funcionamiento:** Los condensadores masivos funcionan reduciendo la temperatura de una superficie por debajo del punto de rocío del aire circundante, lo que provoca que el vapor de agua se condense en esa superficie.

- **Materiales:** La elección del material es crucial. Materiales con alta conductividad térmica, como el metal, pueden transferir calor rápidamente, lo que podría ser útil para condensar el agua rápidamente, pero también podrían calentarse rápidamente durante el día. Por otro lado, materiales como el plástico ofrecen más resistencia al cambio de temperatura.
- **Importancia del Punto de Rocío:** Para que la condensación ocurra, es esencial que la temperatura de la superficie esté por debajo del punto de rocío del aire circundante. Monitorear el punto de rocío y asegurarse de que la superficie del condensador esté siempre por debajo de esta temperatura es crucial para la eficiencia del dispositivo.
- **Aplicaciones:** Estos dispositivos pueden ser útiles en áreas áridas o semiáridas donde el agua es escasa, pero hay suficiente humedad en el aire, especialmente durante las primeras horas de la mañana. Pueden ser utilizados para proporcionar agua para riego o consumo animal.
- **Desafíos:** Mantener la temperatura de la superficie del condensador por debajo del punto de rocío durante las fluctuaciones diurnas de temperatura puede ser un desafío, especialmente en climas cálidos. Además, la eficiencia del dispositivo puede verse afectada por otros factores ambientales, como la velocidad del viento, la radiación solar y la contaminación del aire.
- **Sostenibilidad:** Si se diseñan y utilizan correctamente, los condensadores masivos pueden ser una solución sostenible para la escasez de agua, ya que no requieren una fuente externa de agua y utilizan un recurso renovable: el vapor de agua del aire [4].

IV.3.2. Conceptos de Termodinámica

IV.3.2.1. Termodinámica

La termodinámica es una rama de la física que se enfoca en el estudio de las leyes y principios que rigen las transformaciones de la energía térmica y el calor en sistemas físicos. Esta disciplina busca comprender cómo la energía se transfiere y se transforma entre diferentes formas (como calor y trabajo) en sistemas cerrados y abiertos, y cómo

estas transformaciones afectan las propiedades macroscópicas de los sistemas, como la temperatura, la presión y el volumen [5].

IV.3.2.2. Leyes de la Termodinámica

La termodinámica se basa en una serie de leyes fundamentales que gobiernan el comportamiento de los sistemas termodinámicos. Las leyes más importantes son:

- **Primera Ley de la Termodinámica**

También conocida como la ley de conservación de la energía, establece que la energía total en un sistema aislado se mantiene constante. La energía puede transformarse de una forma a otra, pero no puede crearse ni destruirse.

- **Segunda Ley de la Termodinámica**

Esta ley establece que, en un sistema aislado, la entropía (una medida de la distribución de la energía) siempre tiende a aumentar con el tiempo. También establece la dirección de los procesos termodinámicos y la existencia de fenómenos como la irreversibilidad y la producción de calor.

- **Tercera Ley de la Termodinámica**

Esta ley establece que es imposible alcanzar la temperatura de cero absoluto (0 Kelvin o -273.15 grados Celsius) en un número finito de pasos [5].

IV.3.2.3. Procesos Termodinámicos

Los procesos termodinámicos describen cómo cambian las propiedades de un sistema a medida que interactúa con su entorno. Algunos ejemplos comunes de procesos son:

- **Proceso Isobárico**

La presión se mantiene constante mientras otras variables pueden cambiar.

- **Proceso Isocórico**

El volumen se mantiene constante mientras otras variables pueden cambiar.

- **Proceso Isotérmico**

La temperatura se mantiene constante mientras otras variables pueden cambiar.

- **Proceso Adiabático**

No hay transferencia de calor entre el sistema y su entorno [5].

IV.3.2.4. Ciclos Termodinámicos

Los ciclos termodinámicos son secuencias de procesos que vuelven al sistema a su estado inicial. Algunos ejemplos son el ciclo de Carnot y el ciclo de Rankine utilizado en plantas de energía [5].

IV.3.2.5. Sistema

Se refiere a la porción específica del universo que se está estudiando y que se separa del entorno. Puede ser un objeto, un fluido o cualquier otra entidad física [5].

IV.3.2.6. Estado

El estado de un sistema se define por sus variables termodinámicas, como la temperatura, presión, volumen y composición. Estas variables describen las propiedades del sistema en un momento dado [5].

IV.3.2.7. Punto de Rocío

Se refiere a la temperatura a la cual el vapor de agua en el aire se condensa en forma de gotas de agua cuando se enfría a presión constante. Es la temperatura a la cual el aire se satura de vapor de agua y la humedad relativa alcanza el 100% [6].

IV.3.3. Conceptos Climáticos

IV.3.3.1. Agua Atmosférica

Se refiere al agua que se encuentra en la atmósfera en forma de gotas, vapor y partículas. Es de gran importancia en el ciclo del agua, los procesos climáticos y la vida en general en la tierra [7].

IV.3.3.2. Energía Térmica

Se refiere a la forma de energía relacionada con la temperatura de un objeto o sustancia [8].

IV.3.3.3. Humedad

Se refiere a la cantidad de agua en forma de vapor que se encuentra presente en el aire [9].

IV.3.3.4. Condensación

La condensación es el fenómeno en el que un componente que originalmente se encuentra en forma de gas experimenta un cambio de estado y se convierte en líquido. Este proceso es inverso a la vaporización, donde un elemento en estado líquido se convierte en gas. La condensación puede ocurrir de manera natural, como cuando el vapor de agua en el aire se convierte en gotas de agua en una superficie fría, o puede ser inducida artificialmente en laboratorios mediante dispositivos conocidos como condensadores [10].

IV.3.3.5. Inercia Térmica

Se refiere a la capacidad de los materiales o sistemas de almacenar y liberar el calor gradualmente [11]

IV.3.3.6. Conductividad Térmica

Se refiere a la capacidad de los materiales para conducir el calor [11].

IV.3.4. Conceptos de Electrónica

IV.3.4.1. Microcontrolador

Un microcontrolador es un dispositivo en forma de chip que concentra las tres partes esenciales de una computadora en su interior: la unidad central de procesamiento, la memoria y las unidades que se encargan de la entrada y salida de información [12].

IV.3.4.2. Sensor

Un sensor es un componente electrónico capaz de percibir cambios en su entorno y generar una respuesta en forma de señal eléctrica. Esta señal puede representar el fenómeno físico detectado y se puede medir en forma analógica o digital. La información proporcionada por el sensor puede mostrarse en una pantalla para su lectura o transmitirse para su posterior procesamiento [13].

IV.3.4.3. Batería

Una batería es un dispositivo de hardware que proporciona energía a un dispositivo, lo que le permite funcionar sin necesidad de estar conectado a una fuente de alimentación eléctrica. Las baterías tienen la capacidad de alimentar un equipo durante un período de tiempo que varía según la cantidad de energía que el dispositivo consume [14].

IV.3.4.4. Reloj en Tiempo Real

Un reloj en tiempo real, conocido como RTC, es un componente de hardware en computadoras y dispositivos que realiza un seguimiento preciso de la hora actual. Estos relojes son esenciales para garantizar que la hora se mantenga precisa incluso cuando el dispositivo está apagado. Los RTC se encuentran comúnmente en computadoras personales, servidores y otros equipos que dependen de la sincronización precisa del tiempo [15].

IV.3.4.5. Resistencia Eléctrica

La resistencia eléctrica es la tendencia natural de los materiales a dificultar el flujo de corriente eléctrica. Se usa la letra R para representarla y se mide en ohmios (Ω). Este fenómeno se origina porque los electrones que conforman la corriente eléctrica interactúan con los átomos del material conductor por donde se desplazan. Cuanto mayor sea la resistencia, más complicado resulta que la corriente fluya fácilmente [16].

IV.3.4.6. Display

Un display es un componente electrónico que presenta datos en forma de texto, imágenes o gráficos visibles. Se encuentra en una variedad de dispositivos electrónicos, como

televisores, teléfonos móviles, computadoras, relojes digitales y varios otros dispositivos [17].

IV.3.4.7. Protocolo de Comunicación

Los protocolos de comunicación son como el idioma que las computadoras utilizan para hablar entre sí. Establecen las reglas y el formato que deben seguir los datos cuando se envían de un lugar a otro. Ya sea que estemos enviando información a través de conexiones analógicas o digitales, estos protocolos garantizan que los datos se transmitan y se interpreten de manera adecuada [18].

IV.3.4.8. I2C

Significa Inter-Integrated Circuit, es un protocolo de comunicación serial síncrono utilizado para la comunicación entre dispositivos electrónicos [19].

IV.3.4.9. Arduino

Arduino es una plataforma versátil y accesible para crear proyectos electrónicos. Esta plataforma se basa en principios de código y hardware abiertos, lo que significa que tanto el diseño de las placas como el software utilizado son de acceso público y pueden ser utilizados, modificados y compartidos por cualquiera. [20].

IV.3.4.10. SPI

SPI es una forma de comunicación entre dispositivos electrónicos donde hay un líder y seguidores. El líder da órdenes y todos los demás escuchan y responden en sincronía con un reloj compartido. Es como un director dirigiendo una orquesta, todos tocan juntos según su señal [21].

V. Marco Metodológico

En este apartado se muestra lo que implica el proceso de diseño técnico y construcción, seleccionando cuidadosamente los materiales y definiendo las especificaciones técnicas necesarias. Donde posteriormente se realizaron pruebas y experimentos para evaluar la eficacia del prototipo en la generación de agua a partir de la condensación.

V.1. Materiales Utilizados para el Experimento

V.1.1. Microcontrolador ESP32

Se utilizó un Freenove ESP32 Wrover como se muestra en la figura 7, que es un microcontrolador de bajo consumo con conectividad Wi-Fi y Bluetooth integrada. En nuestro caso se utilizó como cerebro de todo el sistema [22].



Figura 7: Freenove ESP32 Wrover.

Autor: PIMORONI. 2023.

Algunas de las características principales del ESP32 son:

- **Procesador de doble núcleo:** El ESP32 cuenta con un procesador de doble núcleo Xtensa LX6 de 32 bits, lo que le proporciona una capacidad de procesamiento más potente y mayor capacidad multitarea.
- **Conectividad inalámbrica:** El ESP32 ofrece conectividad Wi-Fi 802.11 b/g/n y Bluetooth 4.2 integrados, lo que permite la comunicación inalámbrica en redes locales y conexiones con otros dispositivos Bluetooth.
- **Amplia variedad de interfaces:** El ESP32 cuenta con una amplia gama de interfaces, incluyendo UART, SPI, I2C, I2S, PWM, ADC y DAC, lo que facilita la conexión con diferentes dispositivos y sensores externos.

- **Memoria:** El ESP32 tiene una memoria flash integrada para el almacenamiento del programa y los datos. La cantidad de memoria puede variar según el modelo y el fabricante.
- **Bajo consumo de energía:** El ESP32 está diseñado para operar con eficiencia energética, lo que lo hace adecuado para aplicaciones de bajo consumo y alimentadas por batería.
- **Seguridad:** El ESP32 incluye características de seguridad, como cifrado de datos y soporte para conexiones seguras mediante TLS/SSL.
- **Soporte para desarrollo de software:** Espressif Systems proporciona un conjunto de herramientas de desarrollo de software, incluyendo el entorno de desarrollo integrado (IDE) ESP-IDF basado en FreeRTOS, que facilita la programación y el desarrollo de aplicaciones para el ESP32.
- **Compatibilidad con IoT:** El ESP32 es ampliamente utilizado en aplicaciones de Internet de las cosas (IoT) debido a su conectividad inalámbrica, bajo consumo de energía y capacidad de procesamiento. Se utiliza en dispositivos como sensores, controladores, módulos de comunicación y sistemas de automatización del hogar, entre otros.

La plataforma utilizada para la programación del ESP32 fue ARDUINO en el cual se escribió el código como se muestra en anexo IX.1. sobre cómo deben interactuar los componentes conectados a este y las tareas que deben realizar cada uno.

V.1.2. Depósito de Volumen de Líquido

En este trabajo se han empleado tanques de metal y plástico con capacidades de 50 y 20 litros como se muestra en la figura 8, todos ellos llenos de agua. Esta configuración proporciona una excelente base para investigar la interacción entre el material del tanque, su volumen y el contenido de agua en relación con la inercia térmica. El agua añade una dimensión adicional al estudio debido a su alta capacidad calorífica, lo que significa que puede almacenar y liberar grandes cantidades de calor. Comparar tanques de igual volumen, pero de diferentes materiales proporciona información sobre cómo el material afecta la transferencia de calor y la condensación, mientras que los diferentes tamaños de

tanques, todos llenos de agua permiten analizar el impacto del volumen y la masa en el proceso.



Figura 8: Depósitos Volumen de Líquido.

Autor: ManoMano. 2023.

Algunas de las consideraciones que se tuvieron en cuenta para esto fueron:

- **Conductividad Térmica del Material:** Los materiales de los cubos (plástico y metal) tienen diferentes propiedades de conductividad térmica. Los metales tienden a ser buenos conductores térmicos, lo que significa que pueden transferir calor rápidamente entre el agua y el ambiente circundante. Por otro lado, los plásticos suelen ser malos conductores térmicos, lo que podría resultar en tasas de transferencia de calor más lentas. Esto podría influir en cómo el agua en los cubos alcanza la temperatura ambiente durante el día y cómo la conserva durante la noche.
- **Capacidad Térmica:** La capacidad térmica es la cantidad de calor que un material puede almacenar. Los metales suelen tener una capacidad térmica más baja que la mayoría de los plásticos. Esto podría afectar cómo los cubos de metal y plástico retienen el calor durante la noche después de haber sido calentados durante el día. Los materiales con mayor capacidad térmica pueden mantener temperaturas más estables durante las transiciones de día a noche.

- **Volumen:** El volumen del agua en los cubos también es importante. Cuanto mayor sea el volumen de agua, más tiempo llevará calentar o enfriar. Los cubos más grandes pueden actuar como reguladores térmicos más efectivos, ya que requieren más tiempo para cambiar su temperatura.
- **Condiciones Ambientales:** La humedad del ambiente y la temperatura ambiente también jugarán un papel crucial en cómo los cubos retienen y liberan calor. Un ambiente húmedo puede afectar la tasa de evaporación del agua, lo que a su vez podría influir en cómo se enfría el agua en los cubos.

V.1.3. Sensor de Temperatura y Humedad

Se usó un sensor de Temperatura y Humedad DHT22 como se muestra en la figura 9 el cual es un sensor que mide tanto la temperatura como la humedad relativa del ambiente en el que se encuentra. Proporciona datos digitales y es ampliamente utilizado en proyectos que requieren monitoreo ambiental. En nuestro caso se utilizó para obtener la temperatura y humedad del ambiente donde se colocaron los recipientes [23].



Figura 9: Sensor de Temperatura y Humedad DHT22.

Autor: Tectronix. 2020.

Algunas de las características principales del sensor DHT22 son:

- **Medición de temperatura y humedad:** El sensor DHT22 puede medir la temperatura en un rango de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ con una precisión de $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, y la humedad en un rango de 0% a 100% con una precisión de $\pm 2\%$ RH.

- **Interfaz digital:** El sensor DHT22 utiliza una interfaz de comunicación digital de un solo cable para transmitir los datos de temperatura y humedad. Esto simplifica la conexión con microcontroladores y otros dispositivos digitales.
- **Alimentación y niveles de voltaje:** El sensor DHT22 se alimenta típicamente con una tensión de 3.3V, lo que lo hace compatible con una amplia gama de microcontroladores y placas de desarrollo. También puede soportar niveles de voltaje de 3.3V a 5V en la línea de datos.
- **Tiempo de respuesta rápida:** El sensor DHT22 tiene un tiempo de respuesta rápido, lo que permite obtener lecturas de temperatura y humedad en un corto período de tiempo.
- **Calibración interna:** El sensor DHT22 tiene una calibración interna que compensa las variaciones de temperatura y humedad, lo que mejora la precisión de las mediciones.
- **Salida de datos:** El sensor DHT22 proporciona las mediciones de temperatura y humedad en forma de señales digitales a través del protocolo de comunicación de un solo cable. Los datos se transmiten en forma de pulsos de duración variable.

V.1.4. Adaptador Memoria Micro SD

Se utilizó un adaptador memoria microSD como se muestra en la figura 10 para Arduino el cual es un dispositivo que permite conectar una tarjeta de memoria MicroSD a otro dispositivo, como un microcontrolador o una computadora. Facilita la lectura y escritura de datos en la tarjeta de memoria. En nuestro caso se utilizó para colocar la memoria microSD donde se almacenarán todos los datos medidos [24].

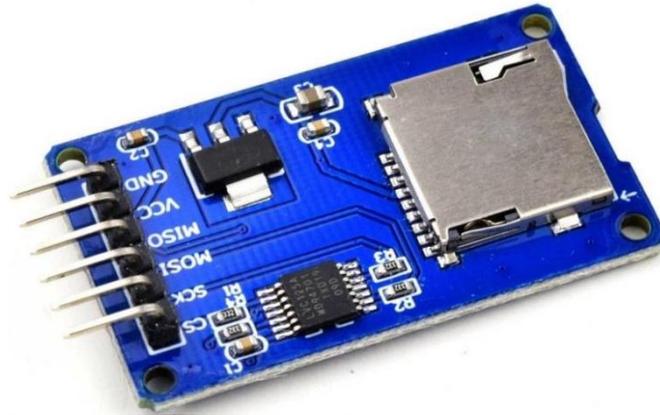


Figura 10: Adaptador Memoria Micro SD para Arduino.

Autor: UNIVERSAL-SOLDER Electronics Ltd. 2023.

Algunas de las características principales del Adaptador Memoria MicroSD para Arduino son:

- **Compatibilidad:** Los adaptadores de memoria microSD están diseñados para permitir el uso de tarjetas microSD en dispositivos que admiten otros formatos de tarjetas de memoria, como SD, MicroSD o Compact Flash. La compatibilidad puede variar dependiendo del tipo de adaptador y el tipo de tarjeta de memoria que admite.
- **Tamaño y forma:** Los adaptadores de memoria microSD suelen tener un tamaño y forma similar a las tarjetas de memoria estándar compatibles con el dispositivo objetivo. Esto permite que el adaptador encaje correctamente en la ranura de la tarjeta del dispositivo.
- **Materiales:** Los adaptadores de memoria microSD suelen estar fabricados con materiales duraderos y resistentes, como plástico de alta calidad. Esto garantiza una buena protección para la tarjeta microSD y una larga vida útil del adaptador.
- **Interfaz:** El adaptador de memoria microSD tiene un extremo con una interfaz o conector que se ajusta al tipo de tarjeta de memoria que admite el dispositivo objetivo. Puede ser un conector SD, MicroSD, Compact Flash u otro, según el tipo de tarjeta compatible.

- **Funcionalidad:** Los adaptadores de memoria microSD permiten la lectura y escritura de datos en la tarjeta microSD insertada. Deben asegurar una conexión segura y estable entre la tarjeta de memoria y el dispositivo objetivo.
- **Portabilidad:** Los adaptadores de memoria microSD son pequeños y livianos, lo que facilita su transporte y uso en diferentes dispositivos.

V.1.5. Memoria MicroSD

Se utilizó una tarjeta de memoria MicroSD de 4Gb como se muestra en la figura 11 la cual se usó para almacenar datos digitales. Este tipo de memoria se utiliza en una amplia gama de dispositivos, como teléfonos móviles, cámaras, reproductores de música y microcontroladores, para expandir la capacidad de almacenamiento. En nuestro caso se utilizó para almacenar los datos obtenidos de los diferentes dispositivos conectados [25].

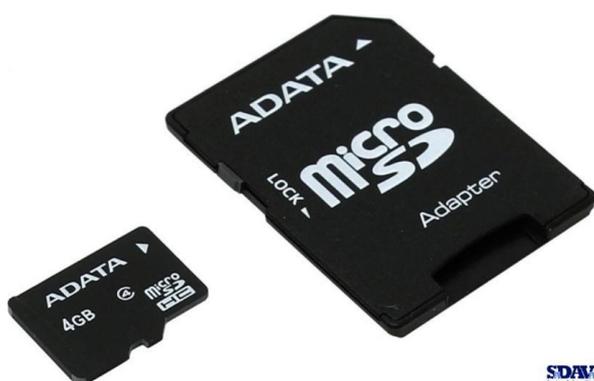


Figura 11: Memorias Microsd con adaptador.

Autor: Spainphone. 2023.

Algunas de las características principales de las Tarjetas MicroSD son:

- **Tamaño compacto:** Las tarjetas microSD son mucho más pequeñas que las tarjetas de memoria estándar, lo que les permite ser utilizadas en dispositivos con limitaciones de espacio.
- **Capacidad de almacenamiento:** Las tarjetas microSD están disponibles en diferentes capacidades de almacenamiento, que van desde unos pocos gigabytes (GB) hasta varios terabytes (TB). La capacidad de almacenamiento determina la cantidad de datos que se pueden guardar en la tarjeta, como fotos, vídeos, música, documentos y aplicaciones.

- **Velocidad de transferencia:** Las tarjetas microSD tienen clasificaciones de velocidad que indican su capacidad para leer y escribir datos. Estas clasificaciones se especifican en términos de megabytes por segundo (MB/s) o en clases de velocidad (por ejemplo, Clase 10, UHS Speed Class, etc.). Las tarjetas de mayor velocidad ofrecen una transferencia más rápida de datos, lo que es especialmente importante al grabar videos en alta definición o al transferir archivos grandes.

- **Compatibilidad:** Las tarjetas microSD son compatibles con una amplia variedad de dispositivos que admiten el formato microSD. Sin embargo, algunas tarjetas también pueden ser compatibles con adaptadores que les permiten funcionar en dispositivos que admiten tarjetas SD estándar.

- **Resistencia:** Algunas tarjetas microSD están diseñadas para ser resistentes a condiciones adversas, como agua, golpes, temperaturas extremas y rayos X. Estas tarjetas son especialmente útiles en aplicaciones al aire libre o en entornos hostiles.

- **Clase de rendimiento de video:** Algunas tarjetas microSD tienen clasificaciones de rendimiento específicas para la grabación y reproducción de video en alta definición (HD) y ultra alta definición (UHD). Estas clasificaciones, como la Clase de rendimiento de video (V30, V60, V90), aseguran que la tarjeta pueda manejar velocidades de escritura sostenidas necesarias para la grabación de vídeo de alta calidad.

V.1.6. Sensor de Temperatura

Se utilizaron sensores digitales de Temperatura DS18B20 como se muestra en la figura 12 que están diseñados para medir la temperatura y se basa en el principio de conversión de temperatura a señales digitales. En nuestro caso se utilizaron para saber la temperatura en el interior del recipiente, además de en la pared interna del mismo [26].



Figura 12: Sensor de Temperatura DS18B20.

Autor: MaxElectronica. 2023.

Algunas de las características principales del Sensor de Temperatura DS18B20 son:

- **Rango de temperatura:** El DS18B20 puede medir temperaturas en un rango que va desde $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo que lo hace adecuado para una amplia variedad de aplicaciones.
- **Interfaz digital:** El sensor utiliza una interfaz digital de un solo cable llamada 1-Wire, que permite la comunicación y la transferencia de datos con el sensor utilizando un único pin del microcontrolador.
- **Resolución ajustable:** El DS18B20 permite ajustar la resolución de la medición de temperatura según las necesidades del usuario. Puede proporcionar una resolución de 9 a 12 bits, lo que influye en la precisión de la medición.
- **Precisión:** El DS18B20 es conocido por su alta precisión en la medición de temperaturas. A 12 bits de resolución, puede alcanzar una precisión de $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el rango de temperatura típico.
- **Alimentación y consumo de energía:** El sensor se alimenta a través del bus de datos 1-Wire y requiere una tensión de alimentación de 3.0V a 5.5V. Además, tiene un bajo consumo de energía en modo de reposo.

- **Identificación única:** Cada sensor DS18B20 tiene una identificación única de 64 bits grabada en su memoria, lo que permite distinguir múltiples sensores en un mismo bus y facilita su identificación individual.
- **Fácil integración:** El DS18B20 se puede integrar fácilmente en sistemas electrónicos utilizando microcontroladores, placas de desarrollo o circuitos integrados que admiten la comunicación 1-Wire.

V.1.7. Reloj Tiempo Real

Se utilizó un circuito integrado (CI) de reloj en tiempo real (RTC, por sus siglas en inglés) como se muestra en la figura 13 desarrollado por Maxim Integrated. El cual se utiliza comúnmente en proyectos electrónicos y sistemas integrados para llevar un seguimiento del tiempo y proporcionar capacidades precisas de mantenimiento del tiempo. El DS1307 se comunica con el microcontrolador u otros dispositivos utilizando el protocolo I2C (Inter-Integrated Circuit). En nuestro caso se utilizó para tener registro del día y hora en que se están recolectando los datos [27].

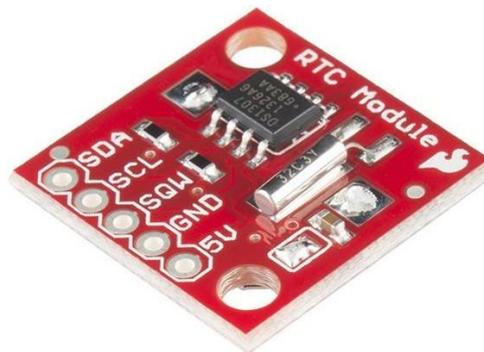


Figura 13: Reloj en Tiempo Real DS1307.

Autor: Bricogeek. 2023.

Algunas de las características principales del reloj en tiempo real DS1307 son:

- **Reloj en tiempo real:** El DS1307 tiene un contador de tiempo interno que proporciona una fuente de tiempo y fecha precisa. Puede mantener un seguimiento continuo del tiempo incluso cuando la energía se desconecta, gracias a su batería de respaldo.

- **Calendario completo:** El DS1307 no solo proporciona la hora, sino también información de fecha y día de la semana. Puede manejar calendarios con compensación automática de años bisiestos.
- **Interfaz I2C:** El DS1307 utiliza el protocolo de comunicación I2C (Inter-Integrated Circuit) para interactuar con otros dispositivos electrónicos, como microcontroladores. Esto facilita la integración y la comunicación con otros componentes del sistema.
- **Memoria no volátil:** El DS1307 cuenta con una memoria SRAM no volátil integrada, que se utiliza para almacenar la información de configuración, como el tiempo y la fecha, incluso en ausencia de energía.
- **Alarma programable:** El DS1307 tiene dos funciones de alarma programable que se pueden configurar para generar una señal de interrupción cuando se cumple una condición de tiempo específica.
- **Batería de respaldo:** El DS1307 requiere una batería de respaldo, generalmente una pila de botón (como la pila CR2032), para mantener el reloj en funcionamiento en caso de interrupción de la alimentación principal.

V.1.8. Sensor de Temperatura Infrarrojo

Se utilizaron sensores de Temperatura Infrarrojo GY-906 MLX90614 como se muestra en la figura 14 que utiliza la radiación infrarroja para medir la temperatura de un objeto o superficie sin contacto físico. Se utiliza en diversas aplicaciones, como termómetros sin contacto o en sistemas de control de temperatura. En nuestro caso se utilizó para saber la temperatura de cada cubo en su superficie exterior [28].



Figura 14: Sensor de Temperatura Infrarrojo GY-906 MLX90614.

Autor: Copyright, FlyRobo, All Rights Reserved. 2019.

Algunas de las características principales del del sensor de temperatura infrarrojo GY-906 MLX90614:

- **Medición sin contacto:** El sensor GY-906 MLX90614 permite medir la temperatura sin necesidad de contacto físico con el objeto o persona. Esto lo hace ideal para aplicaciones donde se requiere una medición a distancia o en condiciones donde el contacto directo no es posible o deseado.
- **Rango de medición:** El sensor GY-906 MLX90614 puede medir temperaturas en un amplio rango, generalmente desde $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $+380\text{ }^{\circ}\text{C}$. Algunas variantes del sensor pueden tener rangos de medición diferentes, por lo que es importante verificar las especificaciones del modelo específico que se está utilizando.
- **Alta precisión:** El sensor ofrece una alta precisión en la medición de temperatura, generalmente con una resolución de $0.02\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esto permite obtener mediciones detalladas y precisas en una amplia gama de aplicaciones.
- **Salida digital:** El sensor GY-906 MLX90614 proporciona una salida digital a través de la interfaz de comunicación I2C. Esto facilita la integración con microcontroladores y otros dispositivos electrónicos para el procesamiento de datos y la toma de decisiones.

- **Compensación de temperatura ambiente:** El sensor cuenta con una compensación de temperatura ambiente incorporada, lo que mejora la precisión de las mediciones al tener en cuenta las condiciones ambientales.
- **Fácil uso:** El sensor GY-906 MLX90614 es fácil de usar y configurar. Generalmente, solo se requiere una conexión de alimentación y la comunicación I2C para acceder a los datos de temperatura.

V.1.9. Multiplexor I2C

Se utilizó el multiplexor como se muestra en la figura 15 para así poder identificar los varios sensores de temperatura infrarrojos y así poder conectarlos al microcontrolador principal, sabiendo que un multiplexor I2C te permitirá cambiar entre los sensores y leer sus datos uno a la vez [29].

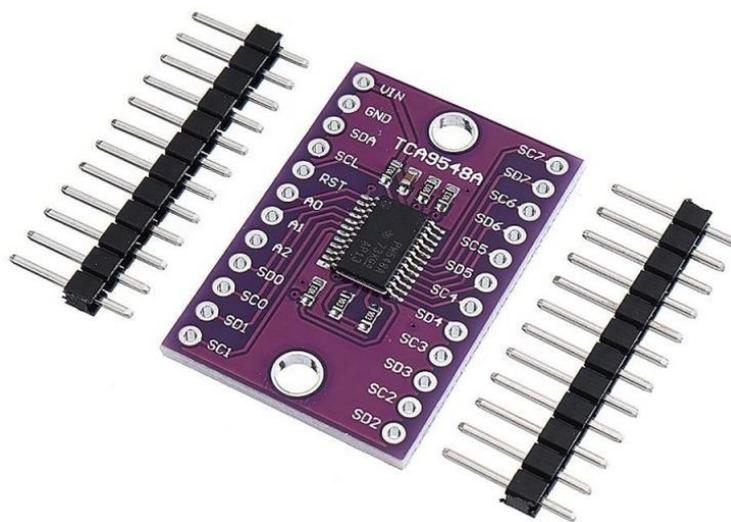


Figura 15: Multiplexor I2C.

Autor: Copyright Findki. 2023.

Algunas de las características típicas de un multiplexor I2C:

- **Número de Canales:** Los multiplexores I2C pueden tener diferentes números de canales, lo que determina cuántos dispositivos o componentes I2C pueden ser conectados y seleccionados mediante el multiplexor.

- **Control de Selección:** Los multiplexores I2C son controlados a través del mismo bus I2C al que están conectados. Utilizan direcciones I2C específicas para seleccionar el canal deseado. Esto significa que, a través de comandos I2C, puedes cambiar a qué dispositivo se comunica el bus I2C en un momento dado.
- **Direcciones I2C:** El multiplexor en sí mismo también tiene una dirección I2C. Esto permite seleccionar un canal específico del multiplexor para comunicación. Cada canal tiene una dirección I2C única que corresponde a la dirección base del multiplexor más un valor que representa el canal.
- **Alimentación y Voltaje:** Debes asegurarte de que la alimentación y los niveles de voltaje del multiplexor sean compatibles con los dispositivos que estás conectando.
- **Baja Capacidad de Carga:** Los multiplexores I2C suelen tener una baja capacidad de carga, lo que significa que no pueden manejar una gran cantidad de corriente en los dispositivos conectados. Si tienes dispositivos que requieren una corriente significativa, es posible que necesites un amplificador de buffer o un repetidor de señal para manejar la carga.
- **Retardos y Tiempos de Cambio:** Al cambiar entre canales, puede haber ciertos retardos y tiempos de cambio involucrados. Esto es importante tenerlo en cuenta si la velocidad de conmutación entre dispositivos es crítica en tu aplicación.
- **Compatibilidad con Estándares:** Asegúrate de que el multiplexor I2C sea compatible con los estándares I2C definidos, como las velocidades de transmisión estándar (100 kHz) y rápida (400 kHz), y el modo de alta velocidad (3.4 MHz) para I2C.
- **Configuración y Control:** La forma en que configures y controles el multiplexor I2C puede variar según el fabricante y el modelo. Algunos multiplexores pueden requerir la escritura de registros específicos para seleccionar canales, mientras que otros pueden tener un enfoque más simple de selección.

- **Protección ESD:** Es importante que el multiplexor I2C está diseñado para proteger los dispositivos conectados contra descargas electrostáticas (ESD) para evitar daños.

V.2. Diseño Prototipo

En la figura 16 se puede observar el diseño del prototipo y cómo están interconectados todos los componentes y sensores que conforman el sistema, el diseño se puede dividir en 2 partes principales.

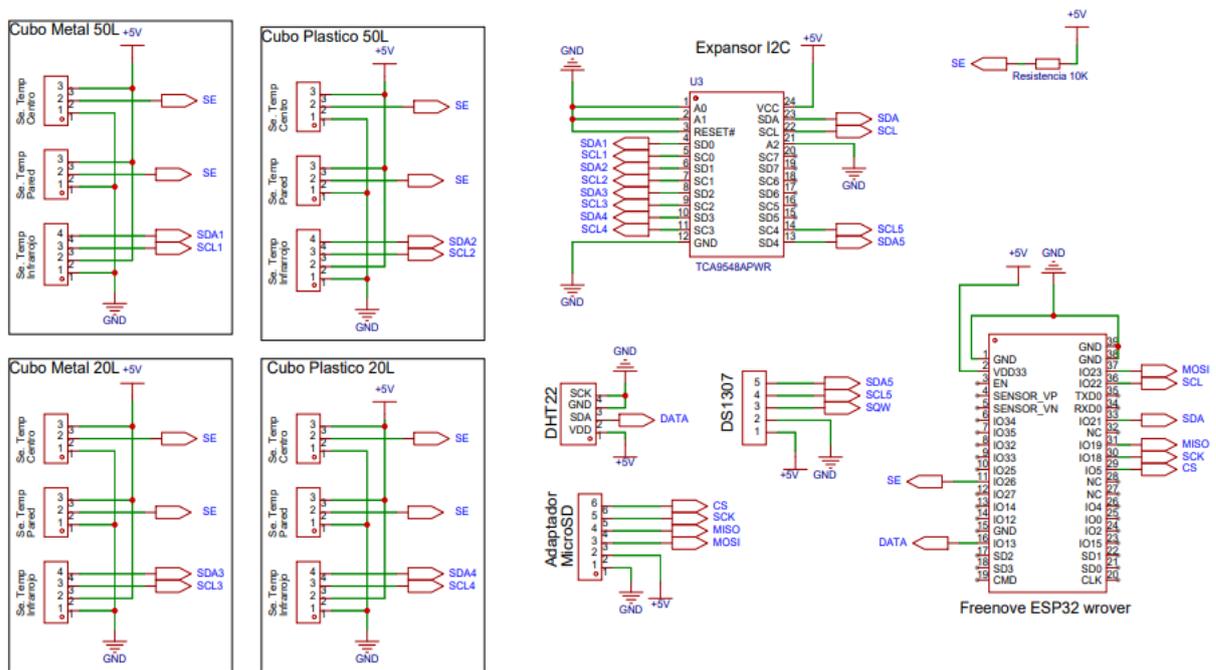


Figura 16: Diseño del Sistema.

Autor: EasyEDA. 2022.

Una parte de la circuitería que será la que se encuentre cerca de los cubos midiendo las temperaturas internas y externas de los cubos, los sensores instalados en los cubos se comunicarán a través de los protocolos de comunicación One Wire y I2C y las conexiones físicas se realizarán con cable de red CAT5A. El cable CAT5e es un tipo de cable Ethernet que puede ser utilizado para diversos propósitos más allá de la transmisión de datos de red. Para los protocolos I2C y One Wire, las características principales del cable CAT5e son:

- **Conductores y Pares Trenzados:** El cable CAT5e contiene cuatro pares trenzados de conductores. Cada par está compuesto por dos hilos conductores entrelazados. Esta

disposición ayuda a reducir la interferencia electromagnética y mejora la integridad de la señal, lo que puede ser beneficioso para mantener una transmisión confiable en protocolos como I2C y One Wire.

- **Capacidad de Transmisión de Datos:** El CAT5e está diseñado para soportar tasas de transmisión de datos más altas en comparación con cables más antiguos, como el CAT5. Esto es útil si estás utilizando protocolos como I2C, que involucran la comunicación entre varios dispositivos y pueden requerir una transmisión rápida de señales.
- **Atenuación y Distancias:** El CAT5e es capaz de mantener una buena calidad de señal a distancias moderadas. Esto es relevante para protocolos como One Wire, donde la longitud del cable puede influir en la integridad de la señal.
- **Interferencia Electromagnética (EMI):** Los pares trenzados en el CAT5e están diseñados para reducir la interferencia electromagnética. Esto es especialmente importante cuando se trata de protocolos como I2C y One Wire, ya que las interferencias pueden provocar errores de comunicación o lecturas incorrectas.
- **Alimentación y Señal:** El CAT 5E se está utilizando para transmitir tanto señales de datos como alimentación, lo cual al traer 8 líneas separadas de cables en un solo cable de red es suficiente para poder transmitir tanto la data como la alimentación.

Por otro la otra parte de la circuitería se encuentra en una caja principal en la cual se encuentran el microcontrolador principal que se encargará de comunicarse con los sensores y procesar la información para luego guardarla en la memoria microSD y los demás componentes, además se encuentra fuera de la caja el sensor de humedad y temperatura ambiente.

Para el registro del tiempo en el que se toma la data se usa el DS1307 que también se comunica por I2C con el microcontrolador, la cual es un protocolo de comunicación serial utilizado para conectar varios dispositivos electrónicos en un mismo circuito. Funciona de la siguiente manera:

- **Maestro y Esclavo:** En la comunicación I2C, hay dos roles principales: el "Maestro" y los "Esclavos". El Maestro es el dispositivo que inicia y controla la comunicación, mientras que los Esclavos son los dispositivos que responden a las solicitudes del Maestro.
- **Líneas de Comunicación:** I2C utiliza dos líneas de comunicación: una para la transmisión de datos (SDA) y otra para la señal de reloj (SCL). La línea SDA lleva los datos que se envían o reciben, mientras que la línea SCL emite una serie de pulsos de reloj que sincronizan la comunicación.
- **Iniciar la Comunicación:** El Maestro inicia la comunicación generando un pulso de inicio en la línea SDA mientras la línea SCL está en alto. Esto avisa a todos los dispositivos en el bus I2C que se está iniciando una nueva transacción.
- **Dirección del Esclavo:** Después del pulso de inicio, el Maestro envía la dirección del Esclavo al que desea comunicarse. Cada dispositivo Esclavo en el bus I2C tiene una dirección única. El bit menos significativo de la dirección indica si se está realizando una operación de lectura (1) o escritura (0).
- **Transmisión de Datos:** Una vez que el Esclavo es seleccionado, la comunicación de datos puede comenzar. El Maestro envía o recibe bytes de datos a través de la línea SDA, mientras que los pulsos en la línea SCL indican cuándo los datos son válidos y deben ser leídos o escritos.
- **Acknowledge (ACK):** Después de enviar cada byte de datos, el receptor (ya sea el Maestro o el Esclavo) emite un bit de "Acknowledge" (ACK) para confirmar que ha recibido el byte correctamente. Si el dispositivo no puede recibir más datos, emite un bit de "Not Acknowledge" (NACK).
- **Parada de Comunicación:** Cuando se ha transmitido la cantidad de datos deseada, el Maestro genera un pulso de parada en la línea SDA mientras la línea SCL está en alto. Esto indica que la transacción se ha completado y libera el bus I2C para otras comunicaciones.

Al tener varios sensores y componentes que se comunican por I2C y varios de ellos tienen la misma dirección I2C de esclavo se usó el TCA9548A, este es un multiplexor I2C de 8 canales que actúa como un interruptor controlado por I2C para permitir la conexión de múltiples dispositivos esclavos I2C a un único bus maestro I2C. Esto es particularmente útil cuando se necesita compartir un bus I2C limitado entre varios dispositivos, sin la necesidad de conexiones físicas adicionales.

Por otro lado, el Adaptador de la memoria MicroSD usa la comunicación SPI que es un protocolo utilizado para la transferencia de datos entre dispositivos electrónicos en sistemas digitales. Las características de este son:

Líneas de Comunicación: La comunicación SPI utiliza cuatro líneas principales:

- *SCLK (Serial Clock)*: Una señal generada por el dispositivo maestro que sincroniza la comunicación.
 - *MOSI (Master Out Slave In)*: Línea por la cual el dispositivo maestro envía datos al dispositivo esclavo.
 - *MISO (Master In Slave Out)*: Línea por la cual el dispositivo esclavo envía datos de vuelta al maestro.
 - *SS/CS (Slave Select/Chip Select)*: Señal utilizada por el maestro para seleccionar el dispositivo esclavo con el que desea comunicarse.
-
- **Sincronización:** El maestro genera pulsos en la línea SCLK para sincronizar la transmisión y recepción de datos entre los dispositivos.
 - **Transferencia de Datos:** El maestro envía datos en la línea MOSI y el dispositivo esclavo los recibe en su línea MISO. Al mismo tiempo, el esclavo puede responder con datos en MISO mientras el maestro recibe en MOSI.
 - **Selección de Dispositivo:** Antes de la comunicación, el maestro activa la señal SS/CS del dispositivo esclavo con el que desea hablar. Esto indica al esclavo que debe prestar atención a la comunicación.

- **Modo de Operación:** La comunicación SPI puede tener varios modos (por ejemplo, el reloj puede ser activo en alto o en bajo cuando no hay transmisión). Los dispositivos deben estar configurados para operar en el mismo modo.
- **Full-Duplex:** SPI es un protocolo full-duplex, lo que significa que los datos pueden ser transmitidos en ambas direcciones simultáneamente durante un ciclo de reloj.
- **Terminación:** Después de la transmisión de datos, el maestro desactiva la señal SS/CS para indicar que la comunicación ha terminado.

En la figura 17 se ven unos esquemas representativos de cómo sería el diseño del sistema, como estarán conectados en los recipientes los sensores de temperatura DS18B20, a la vez como estarán dispuestos los sensores infrarrojos GY-906 MLX90614 y como ambos se conectarán a los conectores y de aquí a la caja principal con un cable de red, en donde también estarán el expansor I2C, el sensor de temperatura y humedad DHT22, el reloj en tiempo real DS1307, el adaptador de la micro SD y todos estarán conectados al Freenove ESP32 Wrover , como se mostró en la figura 16.

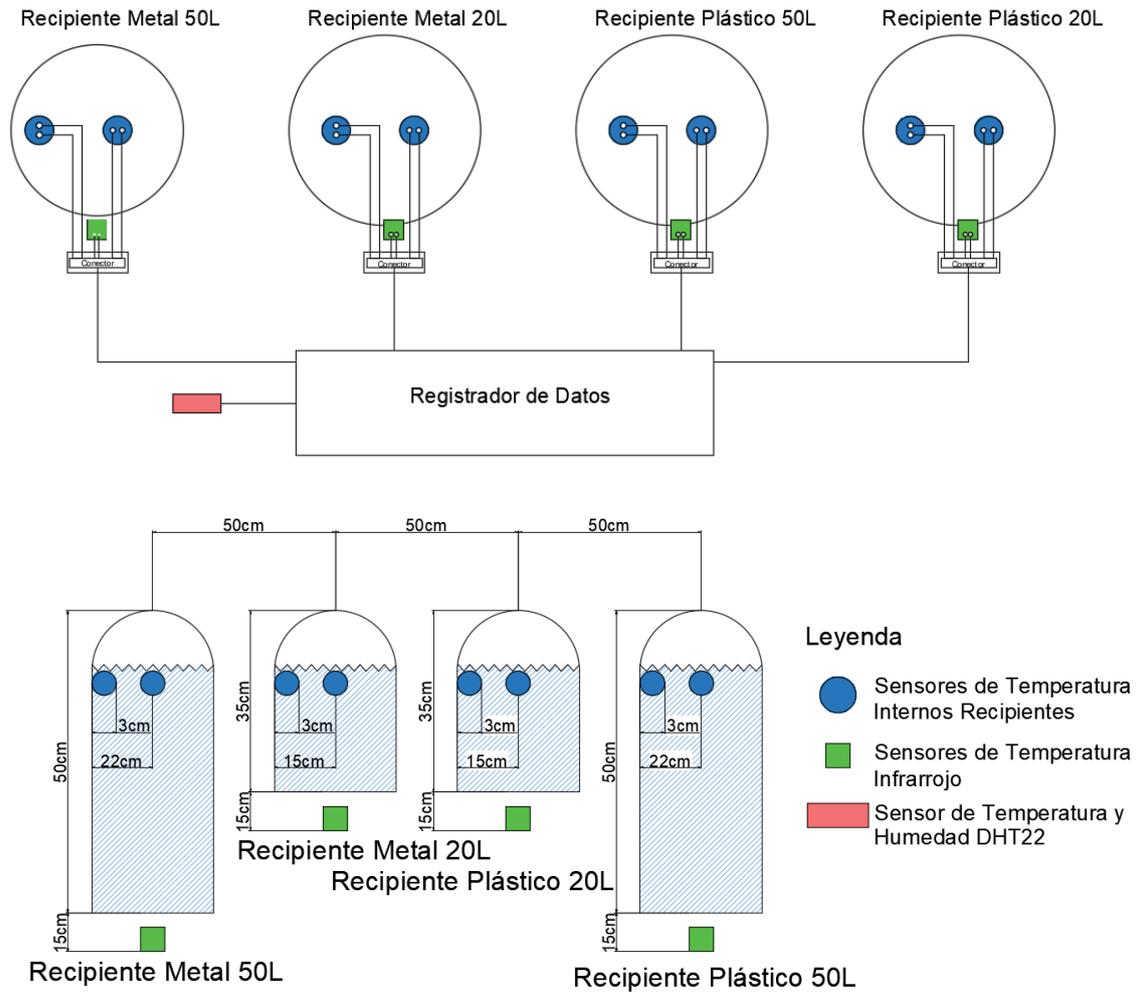


Figura 17: Esquema del Sistema.

Autor: Propio Autodesk AutoCAD. 2023.

V.3. Desarrollo del Prototipo

Para el prototipo la caja principal se montó la circuitería en un protoboard como el que se muestra en la figura 18, un protoboard, también conocido como prototipo de placa de pruebas o breadboard en inglés, es una herramienta ampliamente utilizada en la electrónica para construir y probar circuitos de manera temporal sin la necesidad de soldadura. Consiste en una placa base con una serie de agujeros conectados eléctricamente en patrones predefinidos.

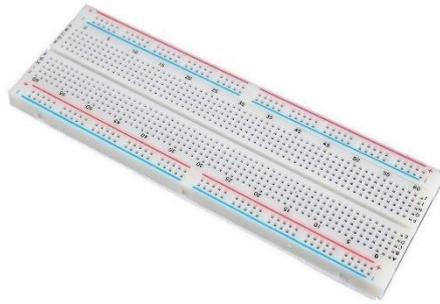


Figura 18: Placa de Prueba o Breadboard.

Autor: Universitario Conversa. 2023.

Las ventajas principales de un protoboard son:

- **Sin soldadura:** Una de las mayores ventajas es que no se necesita soldadura para ensamblar un circuito. Esto permite realizar cambios rápidos y experimentar con diferentes conexiones sin dañar los componentes.
- **Reutilización:** Los componentes se pueden insertar y retirar fácilmente, lo que permite reutilizarlos en diferentes proyectos y experimentos sin dañarlos.
- **Flexibilidad:** Los agujeros están organizados en filas y columnas, lo que facilita la conexión de componentes y cables de manera ordenada. Esto permite diseñar circuitos de manera lógica y visual.
- **Rapidez en Prototipado:** Los protoboards permiten prototipar circuitos de manera rápida y eficiente. Puedes probar diferentes configuraciones y conexiones de manera inmediata para evaluar su funcionamiento.
- **Diseño Libre de Riesgos:** Al no requerir soldadura, no existe el riesgo de dañar componentes debido al calor durante el proceso de ensamblaje.
- **Menos Herramientas:** No se necesita un soldador ni otros equipos de soldadura, lo que simplifica la puesta en marcha y reduce la necesidad de habilidades de soldadura.

Por esto y otras características se escogió el protoboard para realizar este primer prototipo del sistema.

V.3.1.Preparación y Montaje Final del Equipo

En esta parte, como se muestra en las figuras 19, 20 y 21 se presentan imágenes que documentan el proceso de ensamblaje del equipo. Estas imágenes capturan la organización de los materiales en el entorno de trabajo, brindando una visión de cómo se dispusieron los componentes antes de su integración.

Además, en las figuras 22, 23, 24 y 25 se incluyen fotografías que dan cuenta de las pruebas iniciales llevadas a cabo previas al montaje definitivo. Estas pruebas preliminares permitieron evaluar el funcionamiento de los diferentes elementos y verificar su compatibilidad, asegurando una base sólida antes de avanzar hacia la fase final del montaje.

Finalmente, en las figuras 26, 27 y 28 se presentan imágenes del equipo en su estado completo y funcional. Esta imagen ofrece una representación visual del resultado de todo el proceso, reflejando la culminación exitosa del trabajo de ensamblaje y preparación. Cada imagen seleccionada busca capturar momentos claves en el desarrollo del equipo, desde la disposición inicial hasta su forma y funcionalidad finales.

Debemos tomar en cuenta que para el montaje de este equipo se hizo un presupuesto como se muestra en el anexo IX.2. en donde se gastó alrededor de 321.59€ en donde esta incluido el IVAN, pero no los gastos de envío ya que los mismos pueden ser variables.



Figura 19: Materiales para pruebas iniciales y montaje final.

Autor: Propio.



Figura 20: Otros materiales para pruebas iniciales y montaje final.

Autor: Propio.



Figura 21: Espacio de trabajo, materiales para pruebas iniciales y montaje final.

Autor: Propio.

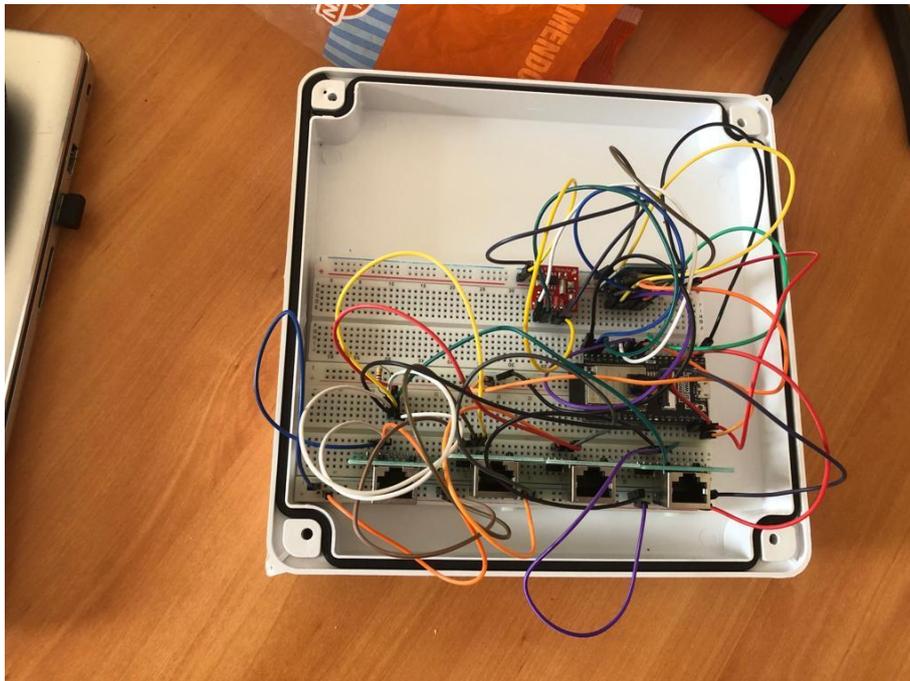


Figura 22: Prueba inicial de cableado equipos.

Autor: Propio.

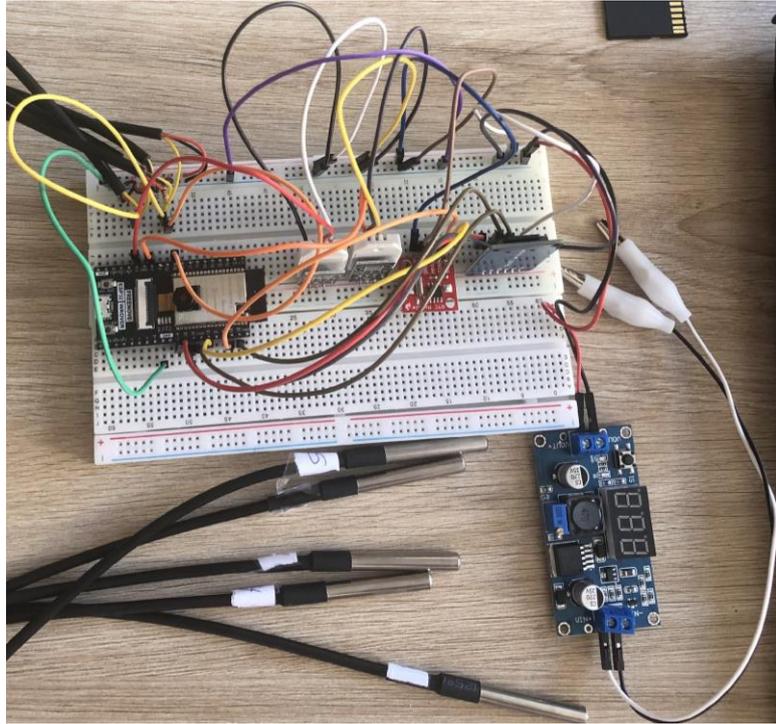


Figura 23: Otra prueba inicial de cableado de equipos.

Autor: Propio.

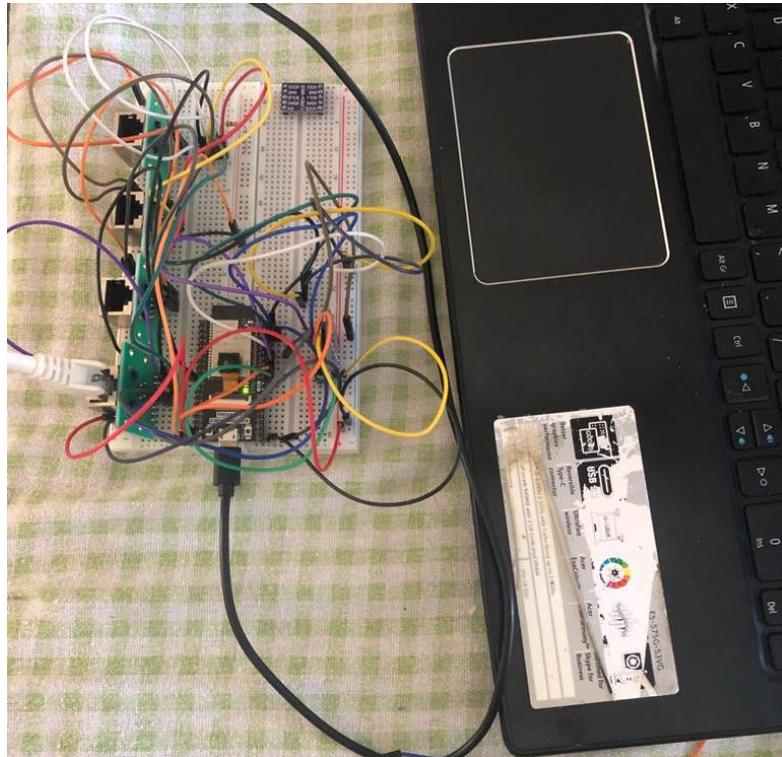


Figura 24: Prueba inicial de programación equipos Arduino.

Autor: Propio.



Figura 25: Prueba inicial cableado de los sensores de temperatura (Caja Secundaria).

Autor: Propio.

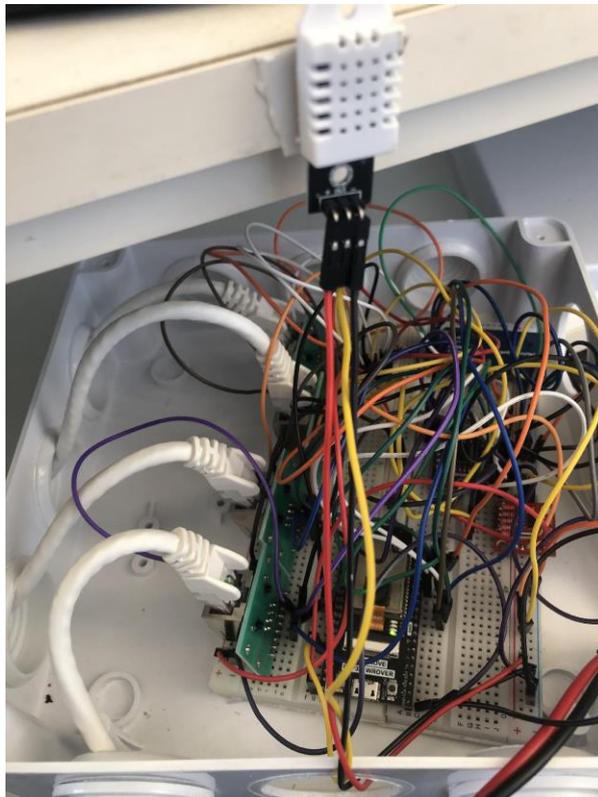


Figura 26: Montaje final cableado de los equipos (Caja Principal).

Autor: Propio.

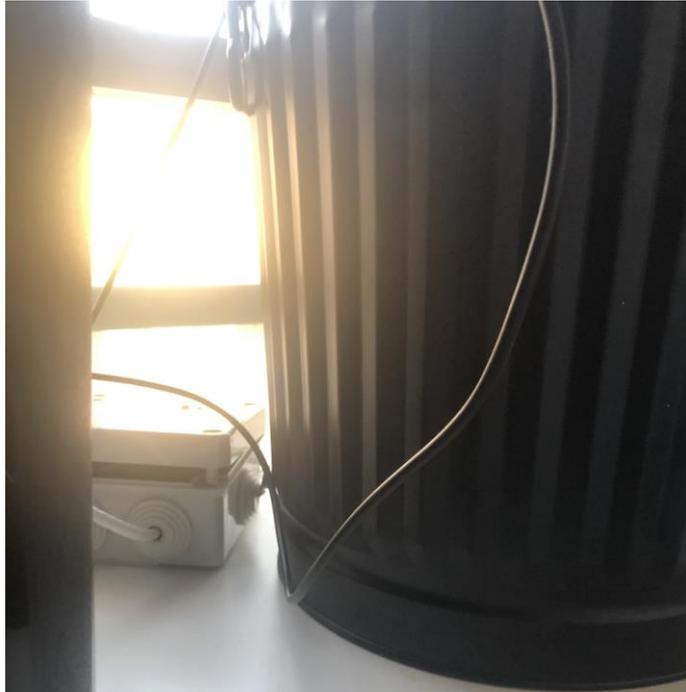


Figura 27: Montaje final caja secundaria, con sensor de temperatura infrarrojo.

Autor: Propio.



Figura 28: Montaje final de los recipientes, con cajas secundarias.

Autor: Propio.

VI. Resultados

Se tomaron datos de temperatura del agua dentro de los cubos en las zonas central y cerca del borde del cubo y de la superficie exterior del cubo por un periodo de 11 días, además de tomar datos de la temperatura ambiente y la humedad, estos datos fueron registrados con un intervalo de tiempo de 5 minutos. Una vez finalizado el periodo de tiempo de los 11 días se procedió a subir los datos a Excel para graficarlos y así poder visualizar el comportamiento de las variables medidas.

En las figuras 29, 30, 31 y 32 se pueden observar las gráficas obtenidas de los sensores de temperatura DS18B204 que se encuentran dentro de los recipientes tomando en cuenta que los mismos fueron colocados de dos en dos en cada recipiente uno en la pared y otro en el centro, en los cuales se puede apreciar que tanto para unos y los otros los minutos de menor temperatura son los que están entre 1440 y 2880 que corresponden a la madrugada del día 17 de agosto 2023 para el día 18 de agosto 2023. Así mismo el pico de mayor temperatura se da en los minutos 10080 y 11520 que sería en el día 24 de agosto 2023.

También en las mismas figuras 29, 30, 31 y 32 se observan las gráficas de los sensores de temperatura infrarrojo GY-906 MLX90614 correspondientes a los sensores de temperatura externos en donde al igual que los anteriores el periodo de menor temperatura se da entre los minutos 1440 y 2880 que sería en la madrugada del día 17 de agosto 2023 para el día 18 de agosto 2023. Pero que a diferencia de los demás el punto de mayor temperatura se dio en los minutos 8640 y 10080 que sería en el día 23 de agosto de 2023.

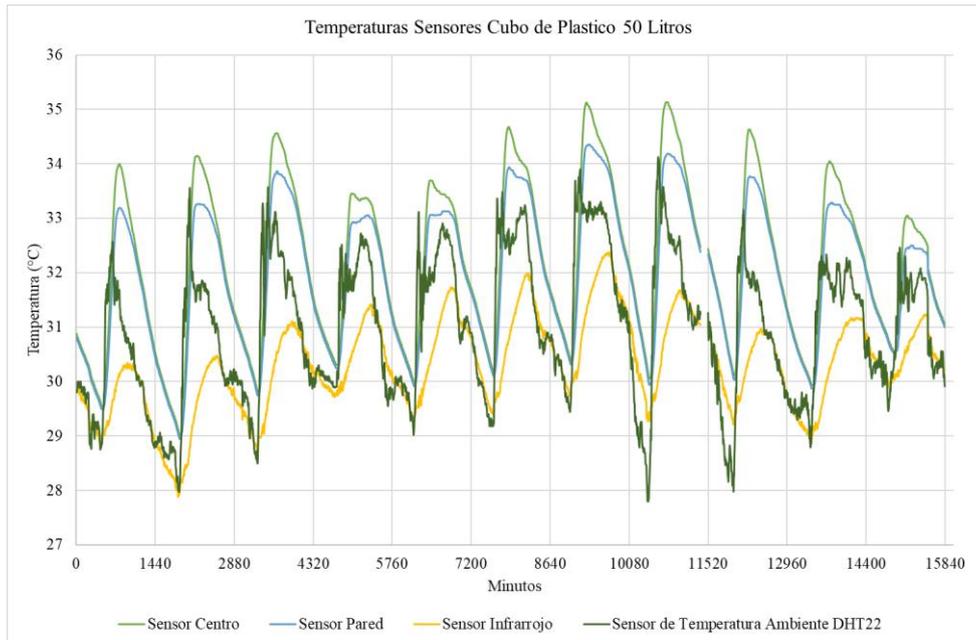


Figura 29: Gráfica de Temperatura en el tiempo tomadas por los distintos sensores tanto para la pared, centro y exterior del Recipiente de Plástico de 50L y Temperatura Ambiente DHT22.

Autor: Propio.

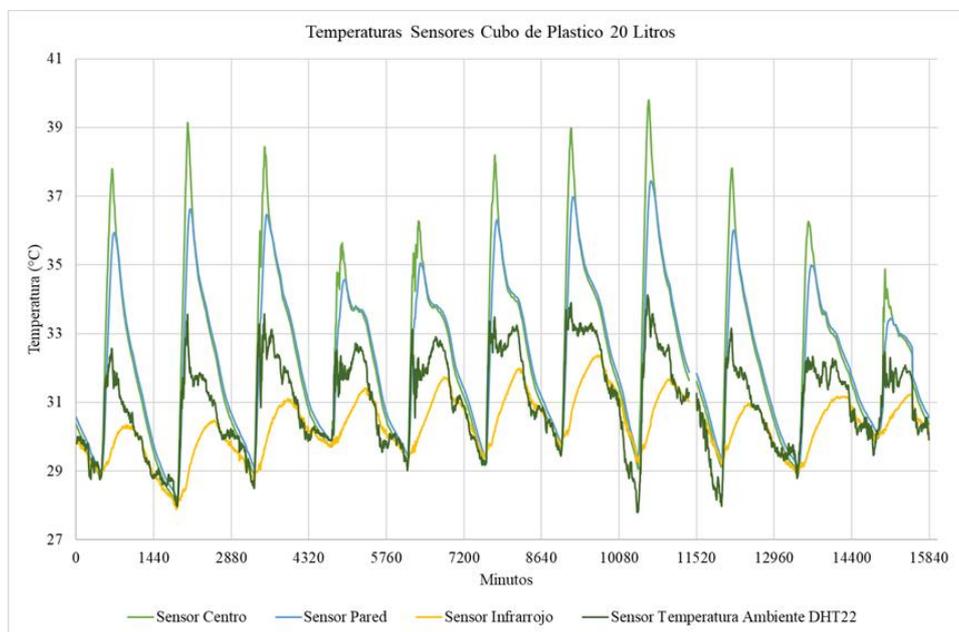


Figura 30: Gráfica de Temperatura en el tiempo tomadas por los distintos sensores tanto para la pared, centro y exterior del Recipiente de Plástico de 20L y Temperatura Ambiente DHT22.

Autor: Propio.

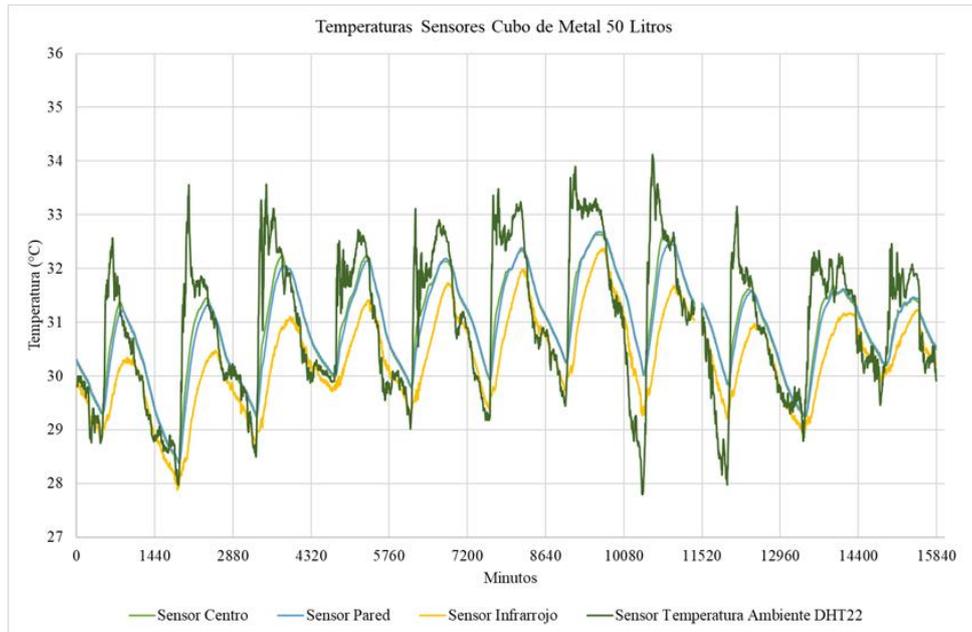


Figura 31: Gráfica de Temperatura en el tiempo tomadas por los distintos sensores tanto para la pared, centro y exterior del Recipiente de Metal de 50L y Temperatura Ambiente DHT22.

Autor: Propio.

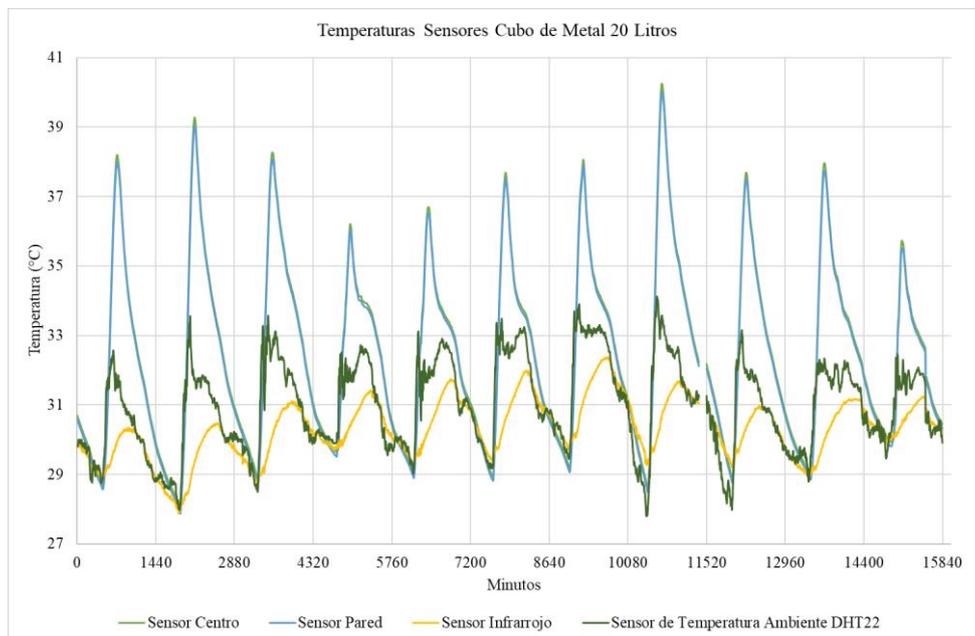


Figura 32: Gráfica de Temperatura en el tiempo tomadas por los distintos sensores tanto para la pared, centro y exterior del Recipiente de Metal de 20L y Temperatura Ambiente DHT22.

Autor: Propio.

Además, obtuvimos las gráficas de los datos obtenidos del sensor de temperatura y humedad DHT22 con el cual se tomó la temperatura y humedad del ambiente la figura 33 muestra la gráfica de temperatura en donde se observa como en los minutos entre 10080 y 11520 se dan los intervalos de mayor y menor temperatura ambiente que serían en el día 24 de agosto de 2023, a diferencia de los sensores de los cubos. Luego en la misma figura 33 se muestra la gráfica de la humedad en el ambiente en la que se observa que la humedad más baja porcentualmente se da en el intervalo de los minutos 14400 y 15840 que sería en el día 27 de agosto de 2023 y que el punto de mayor humedad se da entre los minutos 12960 y 14400 que sería en el día 26 de agosto de 2023.

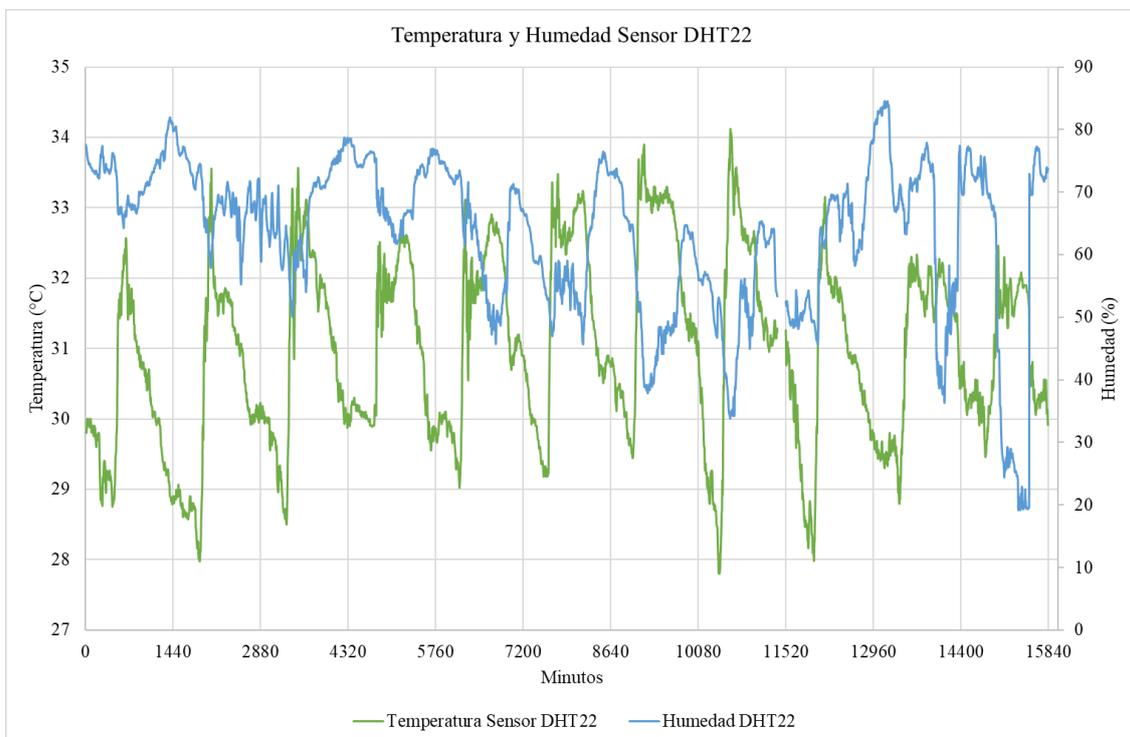


Figura 33: Gráfica de Temperatura y Humedad Ambiente en el Tiempo tomadas por el Sensor de Temperatura y Humedad DHT22.

Autor: Propio.

El siguiente paso es comprobar que en algún momento la temperatura de la superficie de los condensadores masivos se encuentra por debajo del punto de rocío. Para ello se realizaron algunas gráficas para verificar si en algún punto de los días transcurridos se llegaba al punto de rocío (es la temperatura a la cual el aire se satura con humedad y comienza a condensar agua en forma de rocío). El punto de rocío se calculó con la fórmula de Magnus-Tetens que es una de las fórmulas de aproximación más ampliamente utilizada

en meteorología y ciencias ambientales para estimar el punto de rocío en función de la temperatura y la humedad relativa del aire [30].

La fórmula es la siguiente:

$$Punto\ de\ Rocío\ (Td) = (237.7 * \frac{\left(\ln\left(\frac{RH}{100}\right) + \left(\frac{17.27 * T}{237.7 + T}\right) \right)}{17.27 - \left(\ln\left(\frac{RH}{100}\right) + \left(\frac{17.27 * T}{237.7 + T}\right) \right)})$$

Donde:

Punto de Rocío (Td) → Es el punto de rocío en grados Celsius (°C).

T → Es la temperatura en grados Celsius (°C).

RH → Es la humedad relativa en porcentaje (%).

La fórmula se basa en una relación empírica entre la temperatura, la humedad relativa y el punto de rocío. La idea principal es que a medida que la humedad relativa aumenta, la diferencia entre la temperatura actual y el punto de rocío disminuye, ya que el aire está más cerca de la saturación. La fórmula refleja la relación entre la temperatura del aire, la humedad relativa y el punto de rocío, lo que proporciona información valiosa para comprender y pronosticar condiciones meteorológicas y evaluar el confort humano en función de la humedad.

Primeramente, en las figuras 34, 35, 36 y 37 se hicieron las gráficas usando los datos de temperatura obtenidos con los sensores de temperatura DS18B204 y los sensores de temperatura infrarrojo GY-906 MLX90614, estos se compararon con los datos de humedad obtenida por el sensor de Temperatura y Humedad DHT22 de Temperatura con los cuales se obtuvo la Temperatura de Rocío calculándolo con la ecuación de Magnus-Tetens.

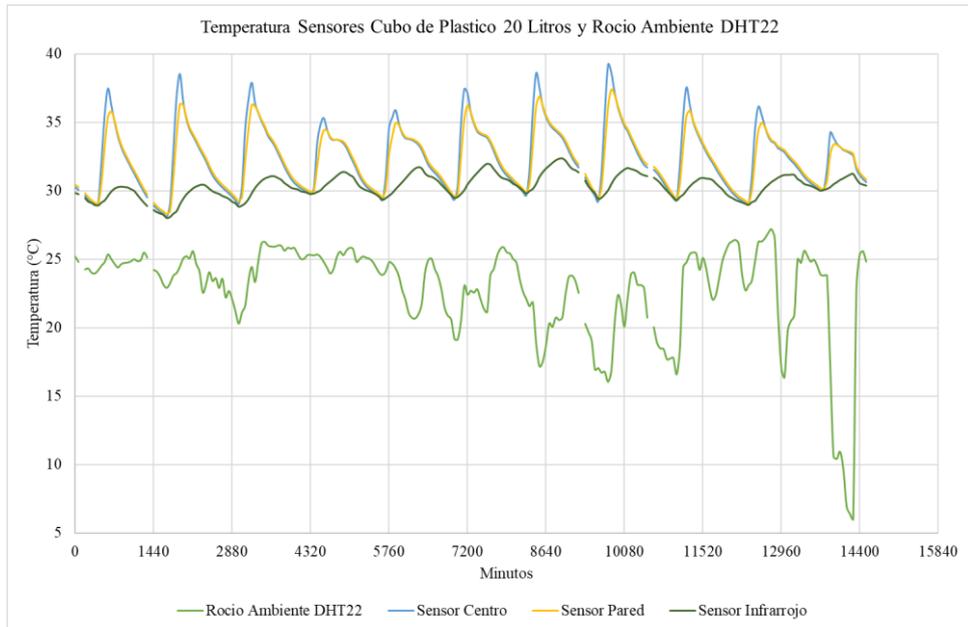


Figura 34: Gráfica de Temperatura en el tiempo tomadas por los distintos sensores tanto para la pared, centro y exterior recipiente de Plástico de 20L comparadas con el Punto de Rocío del Ambiente DHT22.

Autor: Propio.

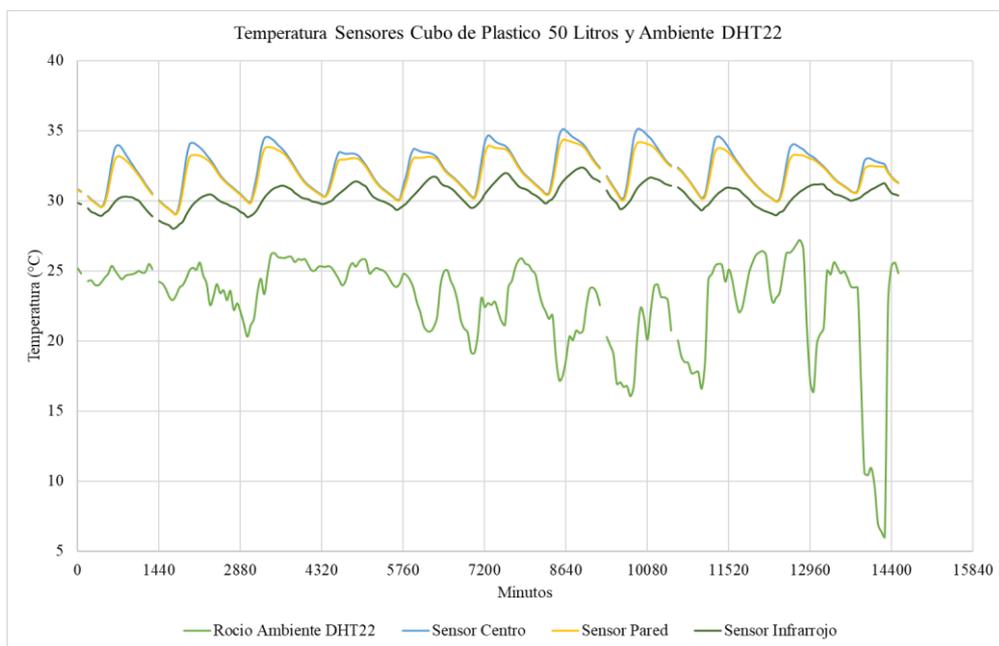


Figura 35: Gráfica de Temperatura en el tiempo tomadas por los distintos sensores tanto para la pared, centro y exterior recipiente de Plástico de 50L comparadas con el Punto de Rocío del Ambiente DHT22.

Autor: Propio.

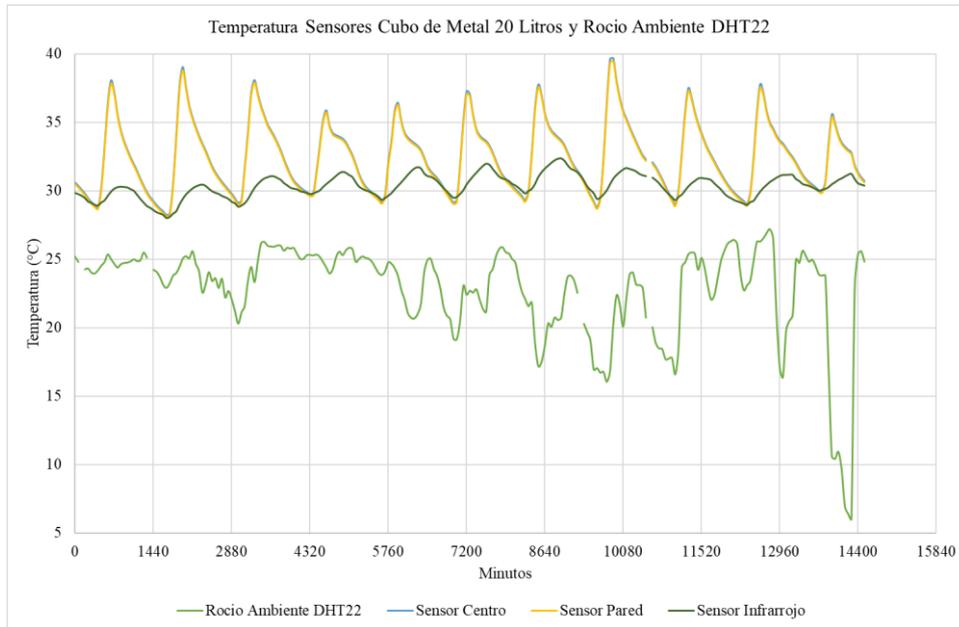


Figura 36: Gráfica de Temperatura en el tiempo tomadas por los distintos sensores tanto para la pared, centro y exterior recipiente de Metal de 20L comparadas con el Punto de Rocío del Ambiente DHT22.

Autor: Propio.

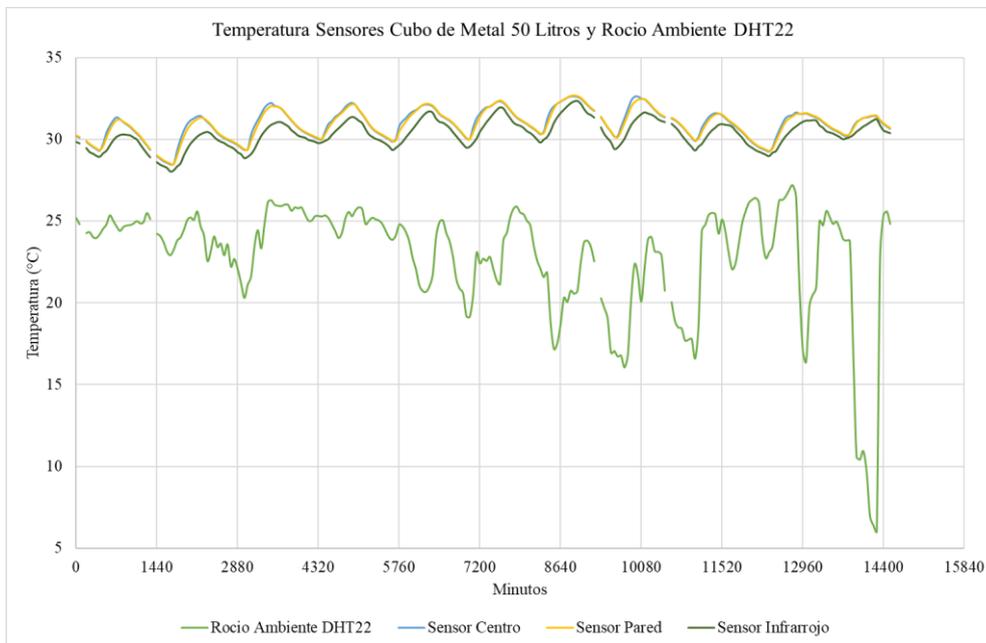


Figura 37: Gráfica de Temperatura en el tiempo tomadas por los distintos sensores tanto para la pared, centro y exterior recipiente de Metal de 50L comparadas con el Punto de Rocío del Ambiente DHT22.

Autor: Propio.

La temperatura ambiental muestra claras oscilaciones diarias, lo que indica una variación típica entre el día y la noche. Estas oscilaciones también se reflejan en las temperaturas del cubo, aunque con algunas diferencias. El punto de rocío, que indica la temperatura a la cual el aire se satura y comienza la condensación, se mantiene consistentemente por debajo de la temperatura ambiente y las temperaturas del cubo. Esto sugiere que, si el cubo alcanza o cae por debajo del punto de rocío, hay una oportunidad para la condensación.

Las temperaturas del centro, pared y exterior de los cubos plásticos siguen en general la tendencia de la temperatura ambiente. Sin embargo, hay un desfase o retraso en las temperaturas del cubo en comparación con la temperatura ambiente, lo que sugiere que el cubo tiene una cierta inercia térmica que le permite retener calor o frío.

Las temperaturas del centro, pared y exterior de los cubos de metal también siguen la tendencia de la temperatura ambiente. Sin embargo, las diferencias entre las temperaturas de los cubos y la temperatura ambiente parecen ser menores en comparación con los cubos de plástico. Esto podría indicar una mayor conductividad térmica del metal.

Los cubos de plástico parecen tener una capacidad moderada para retener temperaturas más frescas durante el calor del día, lo que puede favorecer la condensación durante ciertos periodos. La diferencia entre las temperaturas interna y externa del cubo sugiere que el plástico ofrece cierto grado de aislamiento térmico.

Los cubos de metal parecen tener una respuesta más rápida a los cambios en la temperatura ambiente en comparación con los cubos de plástico. Esto se debe a la alta conductividad térmica del metal, que permite que el calor se transfiera rápidamente al agua en el interior.

Aunque las gráficas no muestran condensación directamente, se puede inferir que los momentos más propicios para la condensación serían durante las horas más frescas, cuando las temperaturas del cubo se aproximen o crucen el punto de rocío.

Por último, en las figuras 38, 39, 40 y 41 se hicieron más gráficas comparando los datos de temperatura obtenidos de los distintos sensores de temperatura DS18B204 y los sensores infrarrojos de temperatura GY-906 MLX90614, con los valores de Temperatura obtenidos con los datos de la estación meteorología Cartagena – Tentegorra y calculando el punto de rocío con la fórmula de Magnus-Tetens.

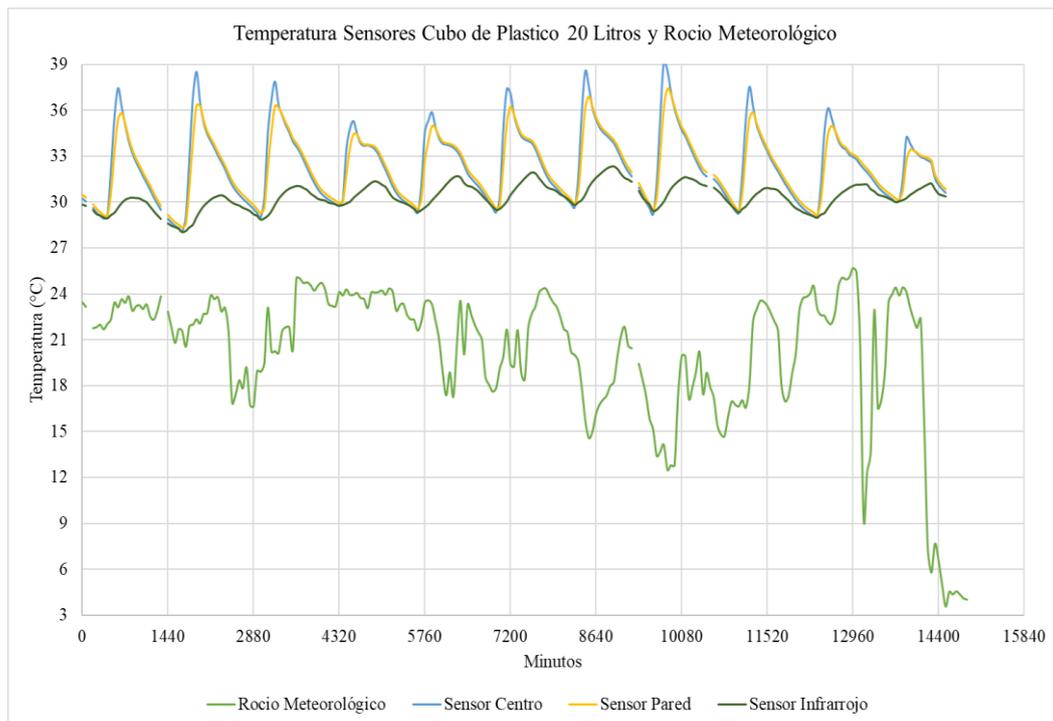


Figura 38: Gráfica de Temperatura en el tiempo tomadas por los distintos sensores tanto para la pared, centro y exterior recipiente de Plástico de 20L comparadas con el Punto de Rocío de la Estación Meteorológica.

Autor: Propio.

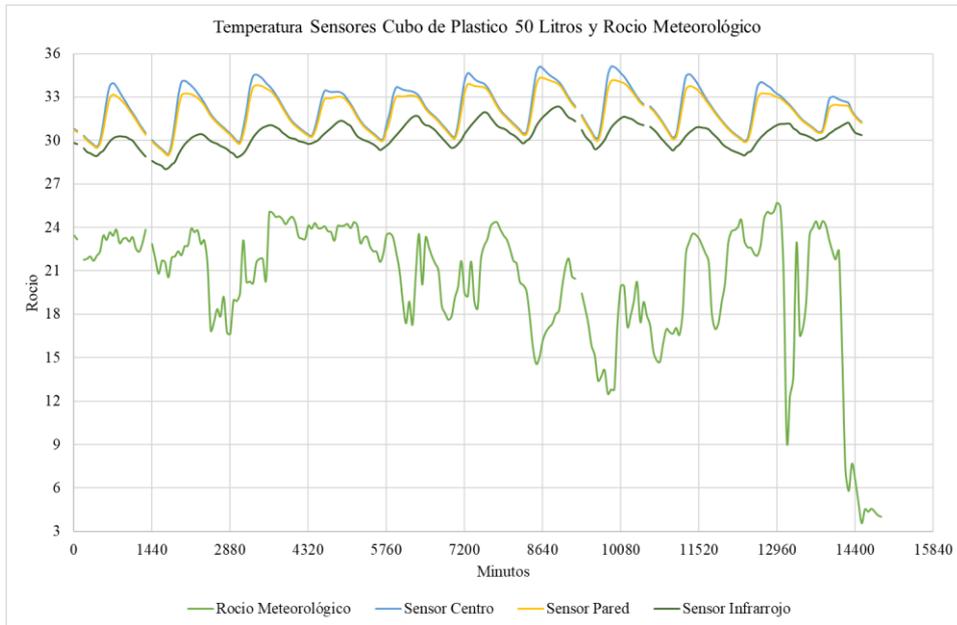


Figura 39: Gráfica de Temperatura en el tiempo tomadas por los distintos sensores tanto para la pared, centro y exterior recipiente de Plástico de 50L comparadas con el Punto de Rocío de la Estación Meteorológica.

Autor: Propio.

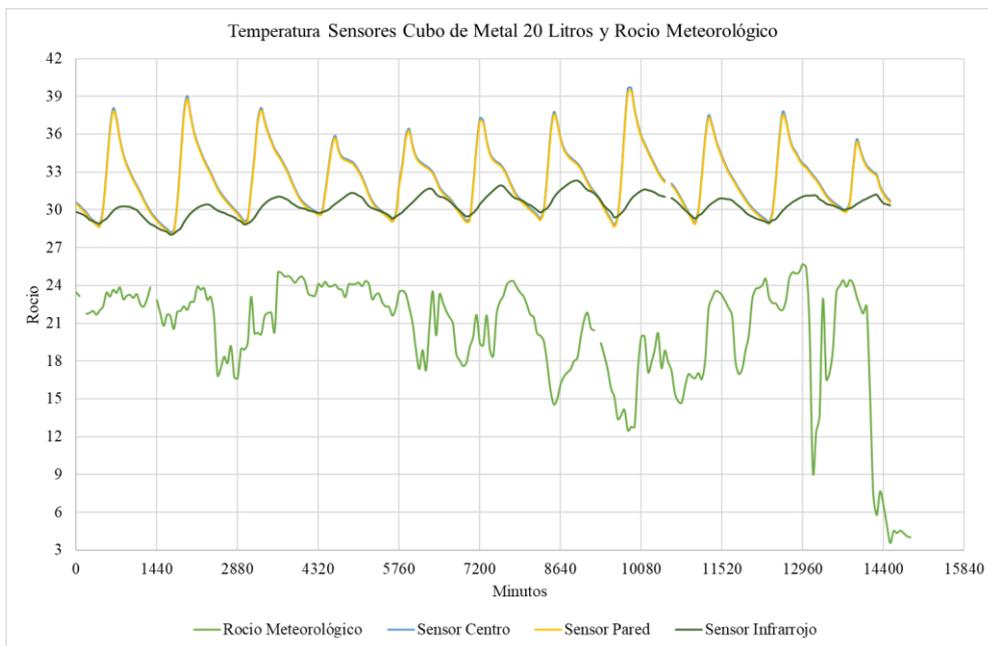


Figura 40: Gráfica de Temperatura en el tiempo tomadas por los distintos sensores tanto para la pared, centro y exterior recipiente de Metal de 20L comparadas con el Punto de Rocío de la Estación Meteorológica.

Autor: Propio.

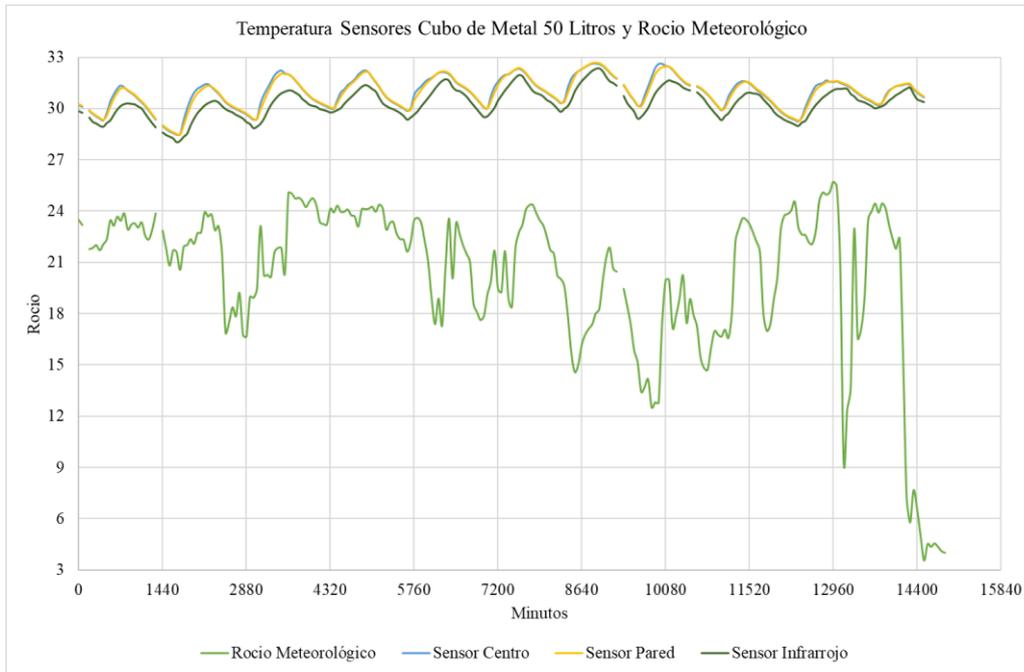


Figura 41: Gráfica de Temperatura en el tiempo tomadas por los distintos sensores tanto para la pared, centro y exterior recipiente de Metal de 50L comparadas con el Punto de Rocío de la Estación Meteorológica.

Autor: Propio.

Los resultados en esta comparación fueron similares a los resultados obtenidos por la comparación con la temperatura y humedad medida por el sensor DHT22.

Además, en la figura 42 también comparamos la temperatura ambiente contra la humedad relativa para ver cómo se relacionan estos dos factores. Esta representación nos acercará a la visualización de una carta psicrométrica.

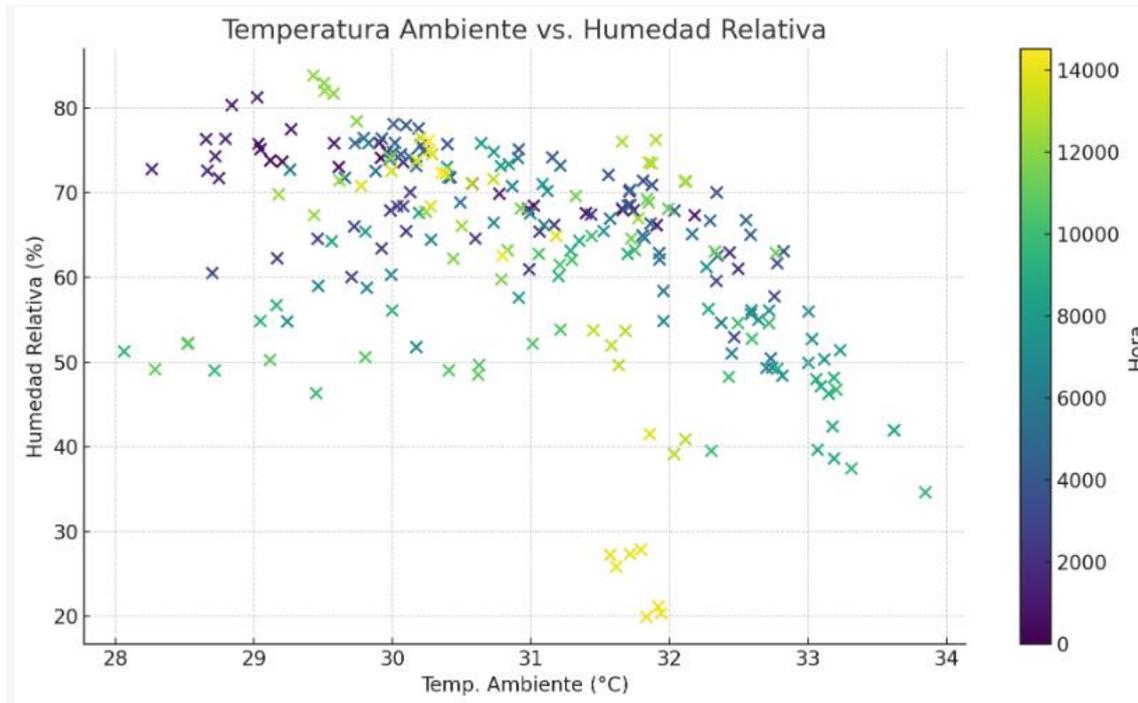


Figura 42: Gráfica de Temperatura Ambiente con la Humedad Relativa en el tiempo.

Autor: Propio.

En el gráfico anterior, se representa la temperatura ambiente contra la humedad relativa. Cada punto representa una medición, y el color de los puntos indica el tiempo (hora) de la medición, siendo los colores más oscuros las primeras horas y los colores más claros las últimas horas.

En esta grafica se puede observar que hay una tendencia clara de que a medida que la temperatura aumenta, la humedad relativa tiende a disminuir y viceversa. Los datos parecen seguir un ciclo diario, indicado por la distribución de colores. Durante las horas más frías (colores oscuros), la humedad es alta, y durante las horas más cálidas (colores claros), la humedad es baja.

El hecho de que los datos estén agrupados en una región específica de la gráfica indica que el cubo de plástico tiene un rango específico de operación en términos de temperatura y humedad. El plástico, al ser un aislante térmico, podría permitir que el agua en el interior del cubo se mantiene más fría que el ambiente durante las horas cálidas, favoreciendo la condensación.

Aunque la gráfica se centra en las condiciones ambientales, es importante considerar cómo los cubos de metal, con su alta conductividad térmica, responderían a estos cambios. El metal es probable que tenga una respuesta más rápida a los cambios en la temperatura ambiente en comparación con el plástico. La dispersión de puntos en la gráfica indica las condiciones ambientales durante el período de medición. Los cubos de metal operarían dentro de este rango de condiciones.

VII. Conclusiones

Después de haber estudiado cómo ocurre la condensación del agua en el aire y considerando las reglas básicas de la física relacionadas con el calor y la energía. Las variables principales que influyen en este proceso son las siguientes:

Temperatura del aire: La temperatura del aire circundante es uno de los factores más influyentes. Cuando el aire caliente y húmedo entra en contacto con una superficie más fría, la temperatura del aire disminuye y puede alcanzar el punto de rocío, lo que provoca la condensación.

Humedad relativa del aire: La cantidad de vapor de agua que el aire puede contener varía con la temperatura. Si el aire está cerca de su capacidad máxima de retener vapor de agua y se enfría, la humedad relativa aumenta, lo que puede conducir a la condensación.

Temperatura de la superficie: La temperatura de la superficie en la que ocurre la condensación es un factor crítico. Una superficie fría actúa como un punto de rocío y puede enfriar el aire circundante lo suficiente como para que el vapor de agua se condense en forma de gotas.

Superficie y material: La naturaleza y las propiedades del material de la superficie pueden influir en la condensación. Algunos materiales pueden enfriarse más rápido que otros, lo que afecta la velocidad y la cantidad de condensación.

Tomando en cuenta estas variables se ha desarrollado un prototipo de condensador masivo con distintas propiedades para evaluar la influencia de determinados aspectos (como el volumen y el material) en el proceso de transferencia de calor. Los prototipos con distintas propiedades han sido monitorizados para entender los mecanismos de transferencia de energía entre el ambiente y el interior del condensador masivo.

La investigación sobre la inercia térmica noche-día mediante el uso de recipientes de plástico y metal con diferentes volúmenes no nos ha permitido validar la utilización de la inercia térmica para condensar humedad atmosférica, pero ha revelado una relación significativa entre la variación de la temperatura ambiental y los cambios en la temperatura del agua contenida en los cubos con un cierto desfase debido a la inercia térmica del material. Sin embargo, este desfase no ha sido suficiente para lograr la condensación.

En cuanto al Volumen de los cubos se pudo concluir que un cubo con mayor volumen puede retener una mayor cantidad de calor y, por lo tanto, puede proporcionar una inercia térmica más prolongada. Esto es beneficioso si buscas una generación de agua constante y estable a lo largo del tiempo, especialmente en condiciones climáticas variables. Por otro lado, un cubo con menor volumen permitirá cambios de temperatura más rápidos y respuestas más ágiles a las condiciones ambientales cambiantes.

Es importante destacar que los cambios observados en los diferentes volúmenes de agua en los cubos indican una relación compleja entre el volumen y la capacidad de los materiales para almacenar y liberar calor. Si bien se confirma la influencia significativa de la humedad, los resultados también sugieren que los volúmenes más grandes pueden moderar los efectos de variación de la humedad debido a su mayor capacidad térmica y resistencia a cambios rápidos de temperatura.

Por otra parte, tenemos el material del cubo en el cual la elección del mismo también es crucial. Un cubo de metal, con su mayor conductividad térmica, es adecuado si deseas una transferencia eficiente de calor y una respuesta rápida a cambios de temperatura. Sin embargo, puede requerir medidas adicionales para evitar la corrosión. Por otro lado, un cubo de plástico, con su menor conductividad térmica, es más aislante y retendrá mejor

el calor o el frío en su interior, lo que es útil cuando se busca una inercia térmica más lenta y una menor pérdida de calor.

En conjunto, estos hallazgos subrayan la importancia de considerar tanto las propiedades intrínsecas de los condensadores masivos (tamaño y material) como las condiciones ambientales al analizar la inercia térmica noche-día. Estos resultados tienen implicaciones no sólo para la comprensión fundamental de los procesos de transferencia de calor, sino también para situaciones prácticas en las que es necesario controlar y ajustar la temperatura en entornos que experimentan cambios constantes.

Adicionalmente, se reconoce que para una comprensión más completa y precisa de la relación entre la inercia térmica día-noche, la humedad ambiental y las propiedades de los materiales, hubiera sido beneficioso contar con un prototipo más robusto, es decir, por un circuito diseñado y no un montaje para recibir y guardar los datos. Además de usar recipientes con un mayor volumen, de otros materiales, con la posibilidad de agregar más sensores como los de precipitaciones, presión atmosférica, etc. También el hecho de tener un área para colocarlos más amplia y abierta, por último, se recomienda realizar esto por un periodo de tiempo mucho más largo y en distintos tipos de zonas o áreas (áridas, frías, secas, húmedas, etc.).

Esto permitirá observar tendencias a largo plazo y comprender mejor la interacción entre las variables. Y además considerar la incorporación de más variables, como la radiación solar, la velocidad del viento y otros factores climáticos que puedan influir en los cambios térmicos. Esto proporciona un análisis más completo de la dinámica de transferencia de calor.

Es importante destacar que durante el período en el que se recopilaron los datos, se experimentaron condiciones climáticas inusualmente cálidas durante las noches, lo que dificulta la obtención de resultados definitivos. Sería más adecuado contar con un período de registro de datos más extenso que refleje condiciones ambientales más favorables para observar la condensación.

VIII. Referencias

- [1] Cabeza Prieto, C. (2014). Estudio de la Contribución de la Inercia Térmica al Comportamiento Térmico de Edificios. Universidad Politécnica de Madrid.
- [2] Weather-Forecast.com. (2023). Pronóstico del tiempo para Cartagena. <https://es.weather-forecast.com/locations/Cartagena-1/forecasts/latest>.
- [3] Climate-Data.org. (2019). Cartagena, Región de Murcia, España - Datos climáticos.
- [4] Beysens, D. (2005). Harvesting Water from Air. *Contemporary Physics*, 46(1), 29-41.
- [5] Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2014). *Termodinámica: Una aproximación ingenieril*. McGraw-Hill.
- [6] Moran, M. J., Shapiro, H. N., Boettner, D. D., & Bailey, M. B. (2014). *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. Editorial.
- [7] Ahrens, C. D. (2019). *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*. Cengage Learning.
- [8] García, A. (2020). *Inercia de los Materiales: Fundamentos y Aplicaciones*. Editorial Universitaria.
- [9] Smith, J. (2019). Humedad atmosférica: Fundamentos y mediciones. *Revista de Meteorología y Ciencias Atmosféricas*, 25(2), 45-62.
- [10] Condensación. (s.f.). *Ecología Hoy*. https://www.ecologiahoy.com/condensacion#Que_es_condensacion.
- [11] Smith, J. (2019). *Fundamentos de la Termodinámica: Inercia Térmica y Transferencia de Calor*. Editorial Académica.
- [12] Microcontrolador. (2011). En *Tecnologías Ingeniatic*. <https://www.etsist.upm.es/estaticos/ingeniatic/index.php/tecnologias/item/517-microcontrolador.html#:~:text=Un%20microcontrolador%20es%20un%20circuito%20integrado%20o%20chip,de%20procesamiento%2C%20memoria%20y%20unidad%20de%20E%2FS%20%28entrada%2Fsalida%29>.
- [13] Dewesoft. (2020). ¿Qué es un sensor? Dewesoft. <https://dewesoft.com/es/blog/que-es-un-sensor>.
- [14] Dewesoft. (2023). ¿Qué es un sensor? Dewesoft. <https://dewesoft.com/es/blog/que-es-un-sensor>.

- [15] Techlib.net. (2023). Reloj en tiempo real (RTC). <https://techlib.net/techedu/reloj-en-tiempo-real-rtc-2/#:~:text=Un%20reloj%20en%20tiempo%20real%20%28RTC%29%20es%20un,necesitan%20mantener%20la%20hora%20incluso%20cuando%20est%C3%A1n%20apagados.>
- [16] Imagina Energía. (2022). Resistencia Eléctrica. <https://imaginaenergia.com/glosario/resistencia-electrica/>.
- [17] AleGSA (2023). Display: Definición y usos en dispositivos electrónicos. Alegsa.com. <https://www.alegsa.com.ar/Dic/display.php>.
- [18] Lifeder. (2020). Protocolos de comunicación. <https://www.lifeder.com/protocolos-de-comunicacion/>.
- [19] HetPro. (2021). I2C. <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/i2c/>.
- [20] Alaka. (2023). Arduino. <https://www.bing.com/search?pplt=41&q=arduino&cvid=3aac5613f13249c0b5bfa976e9864e7b&aqs=edge.0.0j46j0l7.2128j0j1&FORM=ANNTA1&PC=ACTS>.
- [21] AleGSA. (2023). SPI (Serial Peripheral Interface Bus). Alegsa. <https://www.alegsa.com.ar/Dic/spi.php#gsc.tab=0>.
- [22] Espressif Systems. (2023). ESP32 Datasheet [Archivo PDF]. https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf.
- [23] DHT22 Sensor (2022). DHT22 Sensor Documentation. <https://j5d2v7d7.stackpathcdn.com/wp-content/uploads/2020/03/DHT22.pdf>.
- [24] Components101.com (2019). Micro SD Card Module Datasheet. https://components101.com/sites/default/files/component_datasheet/Micro-SD-Card-Module-Datasheet.pdf.
- [25] Transcend. (2019). Hoja de datos de tarjeta MicroSDHC. AllDatasheet. <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/330195/TRANSCEND/MICROSDHC.html>.
- [26] Dallas Semiconductor. (2019). Hoja de datos del sensor de temperatura DS18B20. AllDatasheet. <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/58557/DALLAS/DS18B20.html>.

- [27] Analog Devices. (2015). Hoja de datos del reloj en tiempo real DS1307. <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/DS1307.pdf>.
- [28] Melexis. (2015). Hoja de datos del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614ESF-BCI-000-SP. Octopart. <https://datasheet.octopart.com/MLX90614ESF-BCI-000-SP-Melexis-datasheet-62983778.pdf>.
- [29] Texas Instruments. (2006). PCA9547 8-Channel I2C-Bus Multiplexer and Switch with Reset. <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/162413/TI/PCA9547.html>.
- [30] TekMeteo. (2023). ¿Qué es el punto de rocío? TekMeteo. <https://tekmeteo.com/que-es-el-punto-de-rocio>.

IX. Anexos

IX.1. Código ARDUINO Funcionamiento del Equipo

Código Principal

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h> // Libreria Sensor de Temperatura tipo
Sonda DS18B20

#include "DHTesp.h" // Libreria Sensor de Temperatura y Humedad DHT22

#include <RTCLib.h> // Libreria RTC (Reloj Tiempo Real)

#include <SPI.h>
#include <SdFat.h> // Libreria Micro SD

#include <Wire.h>
#include <Adafruit_MLX90614.h> // Libreria Sensor de Temperatura
Infrarrojo

Adafruit_MLX90614 mlx = Adafruit_MLX90614();

////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
#define pinDatosDQ 26 // Pin donde se conecta Sensor de Temperatura tipo
Sonda DS18B20

float  Sensor_Temperatura_P20L_Centro,   Sensor_Temperatura_M50L_Pared,
Sensor_Temperatura_P50L_Centro,        Sensor_Temperatura_P20L_Pared,
Sensor_Temperatura_M20L_Centro,        Sensor_Temperatura_M50L_Centro,
Sensor_Temperatura_P50L_Pared,         Sensor_Temperatura_M20L_Pared; //
Variables de Temperatura

OneWire oneWire (pinDatosDQ);
DallasTemperature sensors (&oneWire);

////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
float Sensor_Infrarrojo_Objeto[4];

////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
#define SENSOR_TH1 13 // Pin donde se conectaran los Sensores de
Temperatura y Humedad DHT22

float Sensor_TH_T1; // Variables de Temperatura Sensor de Temperatura y
Humedad DHT22
float Sensor_TH_H1; // Variables Humedad Sensor de Temperatura y Humedad
DHT22

DHTesp dht1;

////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
```

```

RTC_DS1307 Reloj_RTC; // Configuracion de la Variable del RTC (Reloj
Tiempo Real)

int Segundo;
int Minuto;
int Hora;
int Dia;
int Mes;
int Year;

////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
#define SSpin 5 // Pin donde se conectara la Micro SD

SdFat SD;
File Datos_Generales; // Configuracion de la Micro SD

////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
////////////////////////////////////

/////*
#define ErrorPin 2 //Borrar para antecedentes

////////////////////////////////////*

void setup() {
Serial.begin(9600); // Configurar la Comunicacion Serial
pinMode(ErrorPin, OUTPUT);
sensors.begin(); // Configurar la Comunicacion con el Sensor de
Temperatura tipo Sonda DS18B20

dht1.setup(SENSOR_TH1, DHTesp::DHT22); // Configurar la Comunicacion con
el Sensor de Temperatura y Humedad DHT22

if(Reloj_RTC.begin()){
Serial.println("Error de Inicializacion"); // Configurar la
Comunicacion con el RTC (Reloj Tiempo Real)

}

MicroSD_Inicializacion(); // Configurar la Comunicacion con el Micro SD
de Inicializacion Correcta

mlx.begin(); // Configurar la Comunicacion con el Sensor de Temperatura
Infrarrojo

}

////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
void loop() {

Medir_Temperatura(); // Llamo la Funcion Sensor Temperatura tipo Sonda
DS18B20 para medir

Medir_TH(); // Llamo la Funcion de Sensor de Temperatura y Humedad DHT22
para medir

```

```

Obtener_Tiempo(); // Llamo la Funcion del RTC (Reloj Tiempo Real)

Seleccionar_Sensor_Infrarrojo(0); // Sensor Caja Metal 50L
Sensor_Infrarrojo_Objeto[0] = Leer_Sensor_Infrarrojo(); //Llamo la
Funcion Sensor Temperatura Infrarrojo

Seleccionar_Sensor_Infrarrojo(1); // Sensor Caja Metal 20 L
Sensor_Infrarrojo_Objeto[1] = Leer_Sensor_Infrarrojo(); //Llamo la
Funcion Sensor Temperatura Infrarrojo

Seleccionar_Sensor_Infrarrojo(2); // Sensor Caja Plastico 50 L
Sensor_Infrarrojo_Objeto[2] = Leer_Sensor_Infrarrojo(); //Llamo la
Funcion Sensor Temperatura Infrarrojo

Seleccionar_Sensor_Infrarrojo(3); // Sensor Caja Plastico 20L
Sensor_Infrarrojo_Objeto[3] = Leer_Sensor_Infrarrojo(); //Llamo la
Funcion Sensor Temperatura Infrarrojo

Mostrar_Resultados(); // Llamo la la Funcion de Resultados para Todos

MicroSD_Guardar(); // Llamo a Funcion del Micro SD para Guardadr Datos

delay(1000);

}

```

Funciones

```

void Medir_Temperatura() {
sensors.requestTemperatures();

Sensor_Temperatura_P20L_Centro = sensors.getTempCByIndex(0);
Sensor_Temperatura_M50L_Pared = sensors.getTempCByIndex(1);
Sensor_Temperatura_P50L_Centro = sensors.getTempCByIndex(2);
Sensor_Temperatura_P20L_Pared = sensors.getTempCByIndex(3);
Sensor_Temperatura_M20L_Centro = sensors.getTempCByIndex(4);
Sensor_Temperatura_M50L_Centro = sensors.getTempCByIndex(5);
Sensor_Temperatura_P50L_Pared = sensors.getTempCByIndex(6);
Sensor_Temperatura_M20L_Pared = sensors.getTempCByIndex(7);
}

////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
void Medir_TH() {

TempAndHumidity data1 = dht1.getTempAndHumidity();

Sensor_TH_T1 = data1.temperature;

Sensor_TH_H1 = data1.humidity;
}

////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
void Obtener_Tiempo() {
DateTime Reloj = Reloj_RTC.now();

```

```

Segundo = Relej.second();
Minuto = Relej.minute();
Hora = Relej.hour();
Dia = Relej.day();
Mes = Relej.month();
Year = Relej.year();
}

////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
void MicroSD_Inicializacion(){
Serial.println("Inicializando Tarjeta MicroSD"); // Configurar la
Comunicacion con el Micro SD
if (!SD.begin(SSpin, SPI_HALF_SPEED)){
Serial.println("Fallo Inicializacion MicroSD");
ErrorSignal();
return;
}

if(!Datos_Generales.open("Datos.txt", O_CREAT|O_WRITE|O_APPEND)){
Serial.println("Fallo al abrir archivo !");
ErrorSignal();
return;
}
Datos_Generales.close();
}

void MicroSD_Guardar(){
if (Datos_Generales.open("Datos.txt", O_WRITE |O_APPEND)){
Datos_Generales.print(String(Dia) + "/" + String(Mes) + "/" +
String(Year) + "," + String(Hora) + ":" + String(Minuto) + ":" +
String(Segundo) + ",");

Datos_Generales.print(String(Sensor_Temperatura_P20L_Pared) + "," +
String(Sensor_Temperatura_P20L_Centro) + "," +
String(Sensor_Temperatura_M50L_Pared) + "," +
String(Sensor_Temperatura_M50L_Centro) + "," +
String(Sensor_Temperatura_M20L_Pared) + "," +
String(Sensor_Temperatura_M20L_Centro) + "," +
String(Sensor_Temperatura_P50L_Pared) + "," +
String(Sensor_Temperatura_P50L_Centro) + ",");
Datos_Generales.print(String(Sensor_Infrarrojo_Objeto[0]) + "," +
String(Sensor_Infrarrojo_Objeto[1]) + "," +
String(Sensor_Infrarrojo_Objeto[2]) + "," +
String(Sensor_Infrarrojo_Objeto[3]) + ",");

Datos_Generales.print(String(Sensor_TH_T1) + ",");
Datos_Generales.println(String(Sensor_TH_H1) + ",");

Datos_Generales.close();
Serial.println("Guardado Exitoso");
return;
}
Serial.println("Guardado No Exitoso");
ErrorSignal();
}

```

```

////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
float Leer_Sensor_Infrarrojo(){
return mlx.readObjectTempC();
}

void Seleccionar_Sensor_Infrarrojo(uint8_t Sensor){
Wire.beginTransmission(0x70); // Inicia la Comunicacion con el
TCA9548A Direccion 0x70
Wire.write(1 << Sensor); // Seleccion Sensor Infrarrojo se
Hablará
Wire.endTransmission(); //Termina la Comunicacion con el
TCA9548A Direccion 0x70
}

////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
void Mostrar_Resultados(){

Serial.println("Temperaturas de: P20L_Pared P20L_Centro M50L_Pared
M50L_Centro M20L_Pared M20L_Centro P50L_Pared P50L_Centro");
Serial.print(" ");
Serial.print(Sensor_Temperatura_P20L_Pared);
Serial.print(" C ");
Serial.print(Sensor_Temperatura_P20L_Centro);
Serial.print(" C ");
Serial.print(Sensor_Temperatura_M50L_Pared);
Serial.print(" C ");
Serial.print(Sensor_Temperatura_M50L_Centro);
Serial.print(" C ");
Serial.print(Sensor_Temperatura_M20L_Pared);
Serial.print(" C ");
Serial.print(Sensor_Temperatura_M20L_Centro);
Serial.print(" C ");
Serial.print(Sensor_Temperatura_P50L_Pared);
Serial.print(" C ");
Serial.print(Sensor_Temperatura_P50L_Centro);
Serial.println(" C ");

Serial.println("TH_Temperatura: " + String(Sensor_TH_T1) + " C ");
Serial.println("TH_Humedad: " + String(Sensor_TH_H1) + " % ");

Serial.println("Fecha: " +String(Dia) + "/" + String(Mes) + "/" +
String(Year) + " " + String(Hora) + ":" + String(Minuto) + ":" +
String(Segundo));

Serial.println("Sensor Infrarrojo M50L: " +
String(Sensor_Infrarrojo_Objeto[0]) + " C " + "Sensor Infrarrojo M20L:
" + String(Sensor_Infrarrojo_Objeto[1]) + " C ""Sensor Infrarrojo
P50L: " + String(Sensor_Infrarrojo_Objeto[2]) + " C " "Sensor
Infrarrojo P20L: " + String(Sensor_Infrarrojo_Objeto[3]) + " C " );
}

void ErrorSignal(){
digitalWrite(ErrorPin,HIGH);
}

```

IX.2. Presupuesto

En la figura 43 se muestra el presupuesto de los materiales utilizados para el montaje del equipo utilizado para la recolección de los datos para la realización de este experimento, tomando en cuenta que estos precios no incluyen los gastos de envío los cuales son variables dependiendo de diversos factores.

Producto	Cantidad	Descripción	Unidades	Precio / Unidad (€)	Precio (€)
B0BLT68HFD	1	Cubo de Plástico con Tapadera 50L	1	17.50	17.50
B0BLT3NC4C	1	Cubo de Plástico con Tapadera 21L	1	13.50	13.50
YJ13-1058-008	1	Cubo de Metal Galvanizado con Tapadera 62L	1	71.99	71.99
YJ13-1058-006	1	Cubo de Metal Galvanizado con Tapadera 18L	1	46.99	46.99
B09BC5CNHM	1	Freenove ESP32-Wrover Cam Board	1	15.62	15.62
B0BX64X5KF	2	Sensor Digital de Temperatura y Humedad	1	9.66	9.66
B07SBR9NL1	5	Lector para Arduino Micro SD	1	6.60	6.60
VAMSDH4G	1	Memoria MicroSD 4GB + Adaptador	1	4.53	4.53
BOB-12708	1	Reloj en Tiempo Real DS1307	1	20.45	20.45
MLX90614	4	Sensor de Temperatura Infrarrojo GY-906 MLX90614	4	6.35	25.40
B09YYGJ1LT	5	Multiplexor de I2C	1	9.59	9.59
J.70066	2	Adaptador usb a Caiman	1	5.67	5.67
Rj45-568B	4	Adaptador Cable de Red	4	2.10	8.40
Rj45-XH2.54	4	Adaptador Cable de Red	4	1.06	4.24
B08W5DB1ZL	1	Caja Derivacion 200*200*80MM	1	15.84	15.84
B00KB92314	4	Caja Derivacion 100*100*55MM	4	1.66	6.64
B00XBTVTW	1	MicroSD Camara	1	4.99	4.99
B005VIFY61S	4	Cable de Red 2M	1	13.99	13.99
			Total	288.08	321.59
					(Esto Precios no Incluyen Envio)

Figura 43: Tabla Presupuesto montaje del Equipo.

Autor: Propio.