



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

MAESTRÍA EN INTERNET DE LAS COSAS

**PROYECTO TERMINAL**

**AQUASENSOLAR: INNOVACIÓN DE IOT PARA EL  
MONITOREO INTELIGENTE DEL AGUA CALIENTE  
EN CALENTADORES SOLARES Y PREDICCIÓN  
CLIMÁTICA**

**Para obtener el grado de**

**Maestra en Internet de las Cosas**

**PRESENTA**

Ing. Krista Amairany Osorio Monroy

**Directora**

Dra. Karina Alemán Ayala

**Codirector**

Mtro. Melecio Sánchez Ruiz

**Comité tutorial**

Dra. Karina Alemán Ayala

Dr. Juan Basilio Guerrero Escamilla

Mtro. Melecio Sánchez Ruiz

Mineral de la Reforma, Hgo., a 21 de febrero de 2025





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO  
INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA  
MAESTRÍA EN INTERNET DE LAS COSAS

**PROYECTO TERMINAL**

**AQUASENSOLAR: INNOVACIÓN DE IOT PARA EL  
MONITOREO INTELIGENTE DEL AGUA CALIENTE  
EN CALENTADORES SOLARES Y PREDICCIÓN  
CLIMÁTICA**

**Para obtener el grado de  
Maestra en Internet de las Cosas**

**PRESENTA**

Ing. Osorio Monroy Krista Amairany

**Directora**

Dra. Karina Alemán Ayala

**Codirector**

Mtro. Melecio Sánchez Ruiz

**Comité tutorial**

Dra. Karina Alemán Ayala  
Dr. Juan Basilio Guerrero Escamilla  
Mtro. Melecio Sánchez Ruiz



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

*School of Engineering and Basic Sciences*

Área Académica de Computación y Electrónica

*Department of Electronics and Computer Science*

Mineral de la Reforma, Hgo., a 21 de febrero de 2025

**No. De Control:** ICBI-AACyE/247/2025

**Asunto:** Autorización de impresión

**MTRA. OJUKY DEL ROCÍO ISLAS MALDONADO**  
**DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR DE LA UAEH**

El Comité Tutorial del **PROYECTO TERMINAL** del programa educativo de posgrado titulado **"AQUASENSOLAR: INNOVACIÓN DE IOT PARA EL MONITOREO INTELIGENTE DEL AGUA CALIENTE EN CALENTADORES SOLARES Y PREDICCIÓN CLIMÁTICA"**, realizado por la sustentante **KRISTA AMAIRANY OSORIO MONROY** con número de cuenta **250122** perteneciente al programa de **MAESTRÍA EN INTERNET DE LAS COSAS**, una vez que se ha revisado, analizado y evaluado el documento recepcional de acuerdo a lo estipulado en el Artículo 110 del Reglamento de Estudios de Posgrado, tiene a bien extender la presente:

#### AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Por lo que la sustentante deberá cumplir los requisitos del Reglamento de Estudios de Posgrado y con lo establecido en el proceso de grado vigente.

**Atentamente**  
**"Amor, Orden y Progreso"**

**El Comité Tutorial**

  
**Dra. Karina Alemán Ayala**  
**Miembro del comité**

  
**Dr. Juan Bacillo Guerrero Escamilla**  
**Miembro del comité**

  
**Mtro. Melecio Sánchez Ruiz**  
**Miembro del comité**

C.c.p. Archivo  
MSR



Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184  
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40052, 40053  
aacye\_icbi@uaeh.edu.mx, jesus\_ordaz@uaeh.edu.mx



uaeh.edu.mx

## Dedicatoria

A lo largo de mi trayectoria profesional, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mi familia, cuyo apoyo incondicional ha sido mi mayor fuente de fortaleza durante el desarrollo de esta maestría. Su confianza, amor y aliento han sido fundamentales para alcanzar este logro.

Asimismo, expreso mi profundo agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haberme otorgado la beca con la CVU 1270458, brindándome un invaluable respaldo para la realización de este proyecto. Su compromiso con la investigación y el avance tecnológico ha sido fundamental para materializar este trabajo.

Finalmente, agradezco a mi director de tesis y asesores, cuya guía, conocimientos y paciencia han sido esenciales en la construcción de esta investigación. Sus valiosas enseñanzas no solo han enriquecido este proyecto, sino que también han sido determinantes en mi formación académica y profesional.

## Índice General

### Contenido

<b>Dedicatoria</b> .....	4
<b>Índice figuras</b> .....	8
<b>Índice de tablas</b> .....	10
<b>Glosario</b> .....	11
<b>Antecedentes</b> .....	13
<b>Abstract</b> .....	14
<b>Lista de abreviaturas</b> .....	15
<b>1. Introducción</b> .....	16
1.1 Planteamiento del Problema.....	16
1.2 Justificación .....	17
1.3 Objetivos del Proyecto.....	18
1.3.1 Objetivo general.....	18
1.3.2 Objetivos específicos .....	18
1.4 Hipótesis.....	19
<b>2. Revisión de la literatura</b> .....	20
2.1 Internet de las cosas.....	20
2.1.1 La evolución del IoT en diferentes sectores .....	21
2.1.2 Computación en la nube .....	24
2.2 Arquitectura de alto nivel del IoT .....	25
2.2.1 Capa de Percepción (Dispositivos / Sensores).....	27
2.2.2 Capa de Red (Comunicación).....	31
2.2.3 Capa de Análisis y Procesado de Datos .....	33
2.2.4 Capa de Almacenamiento .....	38
2.2.5 Capa de Aplicación (Interfaz de Usuario).....	40
2.2.6 Capa de Seguridad .....	42
2.2.7 Capa de Integración.....	44
<b>3. Metodología</b> .....	47
3.1 Métodos y Técnicas.....	48
3.2 Capas de desarrollo de la arquitectura del IoT .....	54
3.2.1 Capa de percepción .....	54
3.2.2 Capa de red .....	55
3.2.3 Capa de análisis y procesos de datos.....	55
3.2.4 Capa de almacenamiento .....	61

3.2.5	Capa de aplicación.....	62
3.2.6	Capa de seguridad.....	62
3.2.7	Capa de integración.....	62
<b>4.</b>	<b>Resultados</b> .....	<b>63</b>
4.1	Procedimiento de Instalación del Sistema AquaSensolar .....	64
<b>5.</b>	<b>Discusión</b> .....	<b>73</b>
<b>6.</b>	<b>Conclusiones</b> .....	<b>75</b>
<b>7.</b>	<b>Referencias</b> .....	<b>76</b>
<b>8.</b>	<b>Anexos</b> .....	<b>82</b>
	Anexo A. Código en Arduino para los sensores.....	82
	Anexo B. Código de desarrollo de la aplicación .....	87
	Anexo C. Manual de uso de aplicación .....	101

## Índice figuras

<b>Figura 1.</b> Estadística de la disponibilidad y uso de la tecnología indica que, un gran impulso de la digitalización en distintos sectores de la sociedad. Fuente: INEGI, Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares.....	20
<b>Figura 2.</b> Herramientas para el correcto funcionamiento del IoT. En la observamos las diferentes herramientas para poder realizar el IoT. Fuente: (Freepik, 2024).....	21
<b>Figura 3.</b> Visualización de los datos obtenidos en el IoT por el usuario final, al poder tomar una decisión en base a datos reales y en tiempo real. Fuente: (Freepik, 2024). .....	22
<b>Figura 4.</b> Diferentes sensores utilizados en el IoT. Se presentan diversos sensores, incluyendo el sensor ultrasónico, que emite señales para medir distancias con precisión, y el sensor de humedad, uno de los más utilizados en aplicaciones de monitoreo ambiental y de fluidos. Fuente: (Electronics, s.f.).....	23
<b>Figura 5.</b> Diferentes sensores analógicos y digitales. Es fundamental identificar estos tipos de sensores para determinar la programación adecuada y el método de conversión necesario para obtener información precisa. Fuente: (Sensor, 2023).....	23
<b>Figura 6.</b> Estructura de la función el IoT en la vida real. Se observan los diferentes elementos utilizados y su aplicación en el IoT. Fuente: (Freepik, 2024). .....	24
<b>Figura 7.</b> Arquitectura de alto nivel en el IoT en los inicios fueron cuatro capas principales. Fuente: Elaboración propia. ....	25
<b>Figura 8.</b> Arquitectura de Alto Nivel del IoT del sistema AquaSensolar, la cual está organizada en siete capas distintas. Fuente: Elaboración propia. ....	26
<b>Figura 9.</b> Sensor termopar tipo K para medición de la temperatura el cual está diseñado con un cable de longitud extendida, lo que facilita su implementación al permitir una conexión sencilla y flexible al sistema. Fuente: (Amazon, 2024).....	27
<b>Figura 10.</b> Módulo de interfaz para termopar tipo k Max6675. Observamos el diagrama que representa el funcionamiento del módulo, mostrando cómo realiza la conversión de la información y la función de cada puerto. Fuente: Elaboración propia, (Mercadolibre, 2024). .....	28
<b>Figura 11.</b> Cable UTP CAT6 para él envió de datos y gracias a su composición de cobre, se garantiza una transmisión de señal estable y una alta durabilidad del material. Fuente: (Freepik, 2024).....	29
<b>Figura 12.</b> TBloc de 4 pines utilizado para la conversión de datos. Este componente para identificar los tres niveles de agua, mientras que el último se emplea para suministrar energía al sensor. Fuente: (Amazon, 2024).....	29
<b>Figura 13</b> Microcontrolador tipo Esp32 utilizado en el IoT.....	30
<b>Figura 14.</b> Panel Solar conocido como Power Bank se utilizó para suministrar energía al circuito, teniendo un sistema autosustentable. Fuente: (Mercadolibre, 2024).....	31

<b>Figura 15.</b> HTTP Protocolo de Transferencia de HiperTexto es la forma en que las plataformas de comunicación de Internet, como los navegadores web, piden la información que necesitan para cargar un sitio web. Fuente: (Freepik, 2024). .....	32
<b>Figura 16.</b> Estructura del funcionamiento del calentador solar. Se presentan los cuatro sistemas que el calentador solar utiliza para un funcionamiento adecuado. Fuente: Elaboración propia. ....	33
<b>Figura 17.</b> Estudio del consumo de agua por habitante durante un día. Es fundamental reducir el consumo de agua para evitar, en el futuro, problemas que actualmente enfrentamos y que podrían volverse más graves. Fuente: Mapama (INEGI, 2024). 34	34
<b>Figura 18.</b> Grafica que muestra de cuantas veces se bañan los usuarios al día, proporcionando información clave para comprender el impacto del uso doméstico de agua en el hogar. Fuente: (Zeilis Eugenia Rivera-Pérez, 2020).....	35
<b>Figura 19.</b> Arquitectura de Node.js utilizada en el IoT, lo cual facilita la creación de aplicaciones de red y servidores privados virtuales. Fuente: (kinsta, 2025).....	36
<b>Figura 20.</b> La estructura y arquitectura de MongoDB. Se resalta su escalabilidad horizontal, que permite gestionar grandes volúmenes de información distribuyendo la carga en múltiples servidores. Fuente: (MongoDB, 2024). ....	38
<b>Figura 21.</b> Docker el cual es un contenedor que está compuesta por capas y es una parte fundamental del IoT, ya que permite crear, desplegar y ejecutar aplicaciones en contenedores. Fuente: (Docker, 2024).....	39
<b>Figura 22.</b> Bibliotecas existentes para desarrollar aplicaciones para el IoT se utilizan diversas herramientas para garantizar tanto la seguridad y el buen funcionamiento del sistema final. Fuente: (Mota, 2020) .....	41
<b>Figura 23.</b> Plataforma de Figma para diseñar las interfaces e interacción, además es una herramienta muy fácil de utilizar además de ser interactiva. Fuente: (Figma, s.f.) .....	41
<b>Figura 24.</b> Protocolo de Seguridad en el IoT. Es fundamental implementar protocolos de seguridad para cuidar al usuario final de amenazas de su información o controlar los sistemas. Fuente: (Freepik, 2024). ....	42
<b>Figura 25.</b> Resultados de la encuesta de la pregunta uno y dos.....	49
<b>Figura 26.</b> Resultados de la encuesta de la pregunta tres y cuatro.....	49
<b>Figura 27.</b> Resultados de la encuesta de la pregunta cinco y seis.....	50
<b>Figura 28.</b> Resultados de la encuesta de la pregunta siete y ocho .....	50
<b>Figura 29.</b> Resultados de la encuesta de la pregunta nueve y diez .....	51
<b>Figura 30.</b> Fotografías con cámara térmica del calentador solar.....	52
<b>Figura 31.</b> Circuito de AquaSensolar. Se muestran las conexiones de los diferentes componentes, especificando los puertos correspondientes para conectar cada sensor, así como la fuente de alimentación, que se provee mediante un panel solar. Fuente: Elaboración propia. ....	64

<b>Figura 32.</b> Sistema de AquaSensolar con los sensores en una caja de proyectos. Fuente: Elaboración propia. ....	65
<b>Figura 33.</b> Sensor termopar tipo K colocado en la válvula de lavado .....	66
<b>Figura 34.</b> AquaSensolar instalado en un calentador solar y con el panel solar.....	67
<b>Figura 35.</b> El Sistema de AquaSensolar instalado.....	68
<b>Figura 36.</b> Interface de la pantalla de inicio de AquaSensolar.....	69
<b>Figura 37.</b> Pantallas de la aplicación AquaSensolar, interacción del usuario .....	70
<b>Figura 38.</b> AquaSensolar muestra datos, e información relevante para el usuario...	71
<b>Figura 39.</b> Instalación del sistema en el calentador solar .....	72

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Características de las tecnologías de comunicación en el IoT .....	32
<b>Tabla 2</b> Tipos de los sistemas comerciales de calentadores solares de agua .....	45
<b>Tabla 3</b> Estudio de sistemas comerciales de monitoreo del agua.....	46
<b>Tabla 4</b> Descripción de los Proveedores de Calentadores Solares .....	53
<b>Tabla 5</b> Evaluación de calidad y características de Calentadores por Profeco.....	54

# Glosario

## IoT

Internet of things/Internet de las cosas es una arquitectura basada en la Internet global que facilita el intercambio de bienes y servicios entre redes, y que tiene un impacto importante en la seguridad y privacidad de los actores involucrados (Colmán, 2022).

## IPv6

Internet protocoló versión 6 es la versión más reciente del IP, el protocolo de comunicaciones que proporciona un sistema de identificación y la ubicación de los equipos en las redes y las rutas de tráfico a través de Internet.

## Sistemas ubicuos

Se definen como herramientas informáticas que tienen capacidad de comunicación a través de redes interconectadas y cuya principal característica es la búsqueda de un entorno rodeado de objetos que tengan capacidad de cómputo, permitiéndoles de esta manera comunicarse con otros objetos (Carranza, 2013).

## Firmware

Es un tipo de software embebido en la memoria de lectura de un dispositivo que se encarga de proporcionar las instrucciones sobre el comportamiento del dispositivo y suele activar las funciones básicas del mismo (INCIBE, 2023).

## Wearables

Es un término que viene del idioma inglés y que significa, ni más ni menos, “vestible” o “ponible”. Por eso, cuando hablamos de dispositivos wearables nos referimos a los relojes, pulseras, auriculares o cualquier otro accesorio o prenda de vestir que llevemos encima y que sea capaz de realizar alguna tarea adicional al tiempo que nos ofrece datos de nuestro interés, como estado de salud, rutinas, lugares, noticias, previsión meteorológica (Santander, 2022).

## MCU

Microcontroladores son de costo menor y fácil de usar MPU (Microprocesadores) contienen muchas funciones por ejemplo memoria, interfaces, propio chip (ryanwinter, 2024).

**Sensor**

Es un dispositivo diseñado para detectar y responden a algún tipo de información recibida, y esto puede ser de rango, amplitud, sensibilidad (NIH, 2022).

**Nube**

Es una red mundial de servidores remotos en todo el mundo, cada uno con una función única y puedes acceder desde cualquier dispositivo (Microsoft, 2023).

**Json**

Es un formato de intercambio de datos ligero estandarizado y eficiente de humanos y analizable por máquina (Erickson, 2024).

**Domótica**

Es la automatización y control aplicados en la vivienda, reduce el trabajo doméstico, aumenta el bienestar y la seguridad (IDAE, 2023) .

**Protocolo**

Es un conjunto de reglas o instrucciones a seguir, fijas por la ley (Conocimiento, 2023).

**Docker**

Es un contenedor en donde se puede optimizar las aplicaciones a través de máquinas virtuales livianas y modulares en la cual se puede migrar a otro lugar (Hat, 2023).

## Antecedentes

Actualmente, México y otros países han introducido iniciativas centradas en el uso de energías sustentables, con el objetivo de promover un futuro energético, más limpio y sostenible con la agenda 2030 para mitigar los impactos negativos en el medio ambiente.

Las energías sustentables, también conocidas como energías renovables, son aquellas que nos brinda generosamente la naturaleza; estas fuentes alternativas son viables como la energía hidráulica, la solar, la eólica, la biomasa, la geotérmica y la oceánica (Unidas, 2024).

Dentro de estas opciones, la energía solar ha experimentado un crecimiento significativo, la cual se ha identificado como una de las formas más efectivas de aprovechar, gracias a sus dos componentes principales: la luz y el calor, un ejemplo claro es la aplicación en los calentadores solares los cuales no sólo ayudan a disminuir la huella de carbono; más bien es una solución práctica y accesible para la población, creando un futuro más sustentable.

La evolución tecnológica actual desempeña un papel crucial en nuestra sociedad, como se muestra en este proyecto de Internet de las Cosas (IoT) enfocado a los calentadores solares para generar beneficios significativos al proporcionar información valiosa a los usuarios finales para una toma de decisión con información real (Jordi Salazar, 2023).

Al desarrollar el prototipo para monitorear la temperatura y el nivel del agua se crea una solución integral, que permite conocer la temperatura actual del agua, así como la cantidad disponible, reduciendo el desperdicio de agua potable y optimizando su uso. Esta innovación no solo promueve el ahorro de recursos naturales, sino que también ayuda a los usuarios al brindarles la capacidad de tomar decisiones informadas, utilizar el agua caliente en otras actividades del hogar, para mejorar la calidad de vida.

## Abstract

Currently, sustainable energy sources are a global trend, particularly with the adoption of "Solar Water Heaters." These systems play a significant role in reducing LP gas consumption, thereby enhancing environmental sustainability and raising user awareness of the benefits they offer. However, they face the challenge of a lack of precise information about water temperature, leading to water wastage and inefficiency.

To address this issue, we propose the introduction of AquaSensolar, a non-intrusive temperature measurement system designed for data collection, transformation, and analysis. This system delivers relevant and actionable information to users, enabling informed decision-making and improving overall resource efficiency.

# Lista de abreviaturas

**API** Application Programming Interface. Interfaz de Programación de Aplicaciones.

**ANN** Artificial Neural Network. Red Neuronal Artificial.

**IoT** Internet of Things. Internet de las Cosas.

**ML** Machine Learning. Aprendizaje Automático.

**NASA POWER** Prediction of Worldwide Energy Resources. Predicción de Recursos Energéticos Mundiales de la NASA.

**SMN** Servicio Meteorológico Nacional.

**TRNSYS** Transient System Simulation Tool. Herramienta de Simulación de Sistemas Transitorios.

**Q** Energía térmica absorbida.

**A** Área del colector.

**G<sub>t</sub>** Radiación solar incidente en el plano del colector.

**η** Eficiencia térmica del colector.

**P** Pérdidas térmicas por convección y radiación.

**ΔT** Incremento de temperatura del agua.

**m** Masa de agua.

**C<sub>p</sub>** Calor específico del agua.

**XGBoost** Extreme Gradient Boosting. Técnica avanzada de aprendizaje automático.

**MATLAB** Matrix Laboratory. Laboratorio de Matrices.

**Firestore** Plataforma de desarrollo de aplicaciones en la nube.

# 1.Introducción

## 1.1 Planteamiento del Problema

Los usuarios que cuentan con un calentador solar de agua dentro de sus hogares tienen una problemática en común, que es la desinformación sobre la temperatura del agua, donde los usuarios suelen hacer suposiciones sobre si hay agua caliente o no, por si hizo calor o estuvo nublado durante el día, además de manera empírica tienen que abrir las llaves para conocer la temperatura del agua, lo que provoca un desperdicio considerable de agua potable y tiempo. Además, cuando el agua se sobrecalienta, esta se libera a través de la válvula de alivio o jarro de aire del termo tanque, lo que expone a los usuarios a riesgos de quemaduras y genera daños estructurales en las azoteas, que con el tiempo pueden derivar en goteras.

Otro problema frecuente es la instalación incorrecta del calentador solar, ya que muchos técnicos no consideran la posición adecuada, el tipo de tubería a utilizar o la integración con otros sistemas. Esto afecta el rendimiento óptimo y la durabilidad del sistema a corto plazo. Asimismo, los usuarios que desean realizar un mantenimiento preventivo se enfrentan a la incertidumbre de contratar técnicos con la capacitación necesaria para realizar un trabajo adecuado.

Otro problema común que se vive es con los tinacos que después de un tiempo empieza a fallar el flotador, lo que provoca el desperdicio de agua y, en combinación con fugas, esto puede generar la acumulación de moho y daños estructurales debido al calor excesivo y la falta de mantenimiento.

## 1.2 Justificación

La creación del sistema de AquaSensolar representa una solución innovadora y práctica para los usuarios de calentadores solares de agua, brindándoles un control eficiente sobre la temperatura y el nivel de agua en sus sistemas. Con esta herramienta, los usuarios podrán optimizar el uso de la energía solar, reducir el desperdicio de agua y maximizar su aprovechamiento. Al proporcionar información precisa sobre el nivel de agua en el tinaco, el sistema permite a los usuarios saber cuándo activar la bomba, evitando quedarse sin agua y gestionando mejor este recurso esencial. Además, las notificaciones automáticas y los recordatorios facilitarán el mantenimiento preventivo, ayudando a programar revisiones oportunas con especialistas. Esto extenderá la vida útil tanto del calentador solar como del tinaco, previniendo problemas comunes como fugas, acumulación de bacterias y daños por sobrecalentamiento.

El impacto del sistema no se limita únicamente al ahorro y la eficiencia; también mejora la calidad de vida de los usuarios. Al optimizar el agua caliente, es posible aprovecharla en diversas actividades domésticas, para lavar los trastes, lavar ropa y tener una calefacción hidrónica, que permite calentar los hogares utilizando el agua del calentador solar. Esto no solo genera ahorro energético, sino que también contribuye a una calidad de vida y al poder prevenir enfermedades respiratorias en climas fríos, ofreciendo una solución sostenible y saludable.

El potencial de AquaSensolar se extiende a aplicaciones industriales. Por ejemplo, el agua caliente generada podría usarse en incubadoras de huevos de gallina, garantizando las temperaturas necesarias para su desarrollo sin recurrir al uso excesivo de energía eléctrica. En los invernaderos, el agua caliente puede calentar el suelo y el aire, creando un ambiente ideal para el crecimiento de las plantas. Además, con el monitoreo y las predicciones del sistema, se podrían optimizar procesos como el riego y el control térmico, aumentando la productividad y reduciendo costos operativos.

AquaSensolar no solo aborda problemáticas actuales relacionadas con el uso eficiente de los calentadores solares, sino que también presenta oportunidades para mejorar la calidad de vida, la sostenibilidad y la eficiencia tanto en hogares como en entornos industriales, consolidándose como una herramienta clave en el avance hacia un futuro más sostenible.

## 1.3 Objetivos del Proyecto

### 1.3.1 Objetivo general

Diseñar un sistema IoT para monitorear la temperatura del calentador solar y el nivel de agua en el tinaco, proporcionando información precisa que permita decidir sobre el uso del agua caliente y reducir el desperdicio de agua.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar un análisis exhaustivo de los calentadores solares para evaluar su eficiencia energética, impacto ambiental y viabilidad, identificando las mejoras que se pueden implementar con ayuda del IoT.
- Identificar las necesidades y los recursos necesarios para desarrollar un sistema de monitoreo eficiente en tiempo real para calentadores solares.
- Diseñar un sistema de monitoreo de temperatura mediante las herramientas de un termopar tipo K, un cable UTP un microcontrolado ESP32 para enviar información a la base de datos MongoDB, facilitando así el acceso a la información para el usuario final.
- Establecer la comunicación con la base de datos MongoDB utilizando protocolos adecuados para garantizar la transmisión eficiente y segura de datos entre el sistema de monitoreo y la base de datos.
- Desarrollar una aplicación web que brinde a los usuarios información en tiempo real sobre la temperatura del agua y el nivel del agua en el tinaco. La aplicación enviará notificaciones al usuario, facilitando así la toma de decisiones informadas.
- Ejecutar pruebas del sistema para validar su precisión, fiabilidad y conformidad con los requisitos de medición de temperatura y nivel de agua.

## 1.4 Hipótesis

La implementación de un sistema de monitoreo basado en IoT para medir la temperatura del agua y el nivel en el tinaco optimizará el uso de agua y energía solar en los hogares, permitiendo a los usuarios tomar decisiones informadas sobre la gestión de estos recursos. Al integrar una plataforma inteligente, se garantizará el acceso a información precisa y en tiempo real, facilitando la automatización de procesos clave, como la activación de bombas o la generación de alertas de mantenimiento, lo que contribuirá a una gestión más eficiente y simplificada.

Además, la incorporación de sensores y actuadores adicionales permitirá expandir las funcionalidades del sistema, integrando soluciones para calefacción hidrónica y mantenimiento preventivo, transformando los hogares en espacios domóticos y autosustentables. Esto no solo mejorará la calidad de vida de los usuarios, sino que también maximizará el rendimiento de los sistemas de energía renovable, reduciendo el desperdicio de agua y energía y prolongando la vida útil de los calentadores solares.

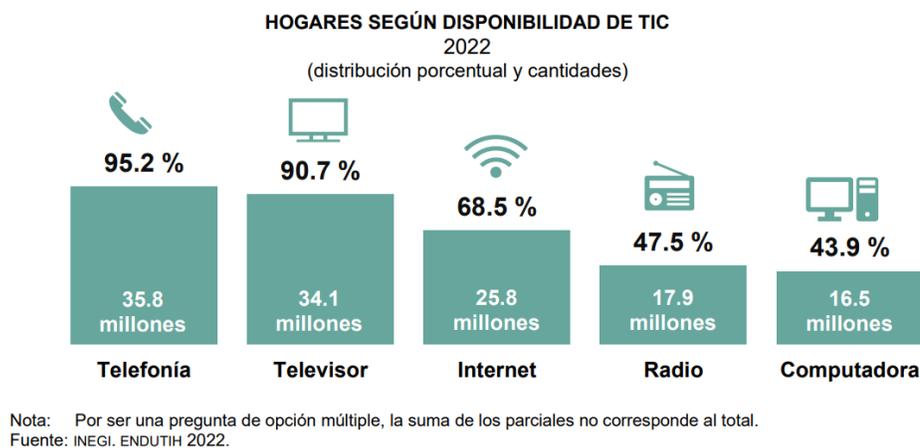
A nivel industrial, este enfoque permitirá una gestión más precisa de los recursos energéticos, optimizando el consumo de energía solar y reduciendo costos operativos. La capacidad del sistema para proporcionar predicciones más exactas sobre el comportamiento del calentador solar en función de las condiciones climáticas favorecerá un uso más eficiente y sostenible de la energía solar. En el futuro, esta tecnología podrá escalarse a sectores industriales con alta demanda de agua caliente, como el hotelaría, la manufactura y la agroindustria, promoviendo la transición hacia modelos de consumo energético más responsables y sostenibles.

## 2.Revisión de la literatura

### 2.1 Internet de las cosas

En la actualidad, estamos inmersos en una era de constante evolución tecnológica, donde el Internet de las Cosas (IoT) ha emergido como una innovación crucial, permitiendo la interconexión y el intercambio de información en tiempo real entre dispositivos y humanos, lo que ha mejorado significativamente la eficiencia de diversos procesos y la calidad de vida de las personas, por lo cual ha sido adoptada globalmente en múltiples industrias, para optimizar procesos y automatizar tareas, reduciendo errores humanos.

En la figura 1, se muestra que el 95% de la población ya cuenta con un teléfono móvil, y más de la mitad tiene acceso a internet, en base a la encuesta realizada (ENDUTIH, 2022).



**Figura 1.** Estadística de la disponibilidad y uso de la tecnología indica que, un gran impulso de la digitalización en distintos sectores de la sociedad. Fuente: INEGI, Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares

La evolución del IoT se destaca por su creciente capacidad para recopilar, analizar y distribuir grandes volúmenes de datos, transformándolos en conocimiento valioso, gracias a este avance, ha permitido mejorar la eficiencia operativa y desarrollar nuevas soluciones tecnológicas (Evans, 2011). En 2022, según la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH), informa que el 78.6% de la población mexicana, equivalente a 93.1 millones de personas, utilizaba internet, y en el 68% de los hogares tienen acceso a internet, lo que refleja cómo se ha vuelto esencial en la vida moderna incrementando en los últimos años (INEGI, 2024).

En base a Statista (2023), se estima que existen aproximadamente 15.14 mil millones de dispositivos de IoT conectados a nivel mundial. Esta cifra se proyecta a duplicarse para el año 2030, lo que refleja el rápido crecimiento y la expansión continua de la tecnología en diversos sectores y aplicaciones.

## 2.1.1 La evolución del IoT en diferentes sectores

El Internet de las Cosas ha transformado significativamente la humanidad mediante la innovación y automatización, para el monitoreo de la salud y ofrecen funciones avanzadas de control asistencial y la prevención de eventos letales en pacientes de alto riesgo, por otro lado, tenemos el sector de movilidad, en el cual se han desarrollado sistemas de monitoreo de flotas que favorecen la geolocalización, el análisis de rendimiento, y el control de la telemetría (Toyos, 2018).



**Figura 2.** Se observan diferentes herramientas para el correcto funcionamiento del IoT. Fuente: (Freepik, 2024).

Dentro de las energías sustentables, aún es posible desarrollar herramientas que permitan maximizar su potencial, identificar sobre el consumo energético y la eficiencia de los sistemas, al poder optimizar los recursos, contribuyendo al avance tecnológico y promoviendo un uso sostenible de la energía, así como la reducción de costos.

Dentro del desarrollo del IoT las herramientas fundamentales son los sensores quienes detectan algún movimiento o anomalía, el clima, temperaturas, frecuencias los cuales nos ayudan a proporcionar datos de manera digital y analógica. Los sensores digitales generan

señales discretas al convertir señales analógicas en digitales, un ejemplo son las cámaras, que capturan imágenes y las transforman en datos digitales.



**Figura 3.** Visualización de los datos obtenidos en el IoT por el usuario final, al poder tomar una decisión en base a datos reales y en tiempo real. Fuente: (Freepik, 2024).

Por otro lado, los sensores analógicos producen una salida continua y no están limitados a valores discretos, un ejemplo es los termistores, que miden la temperatura; los fotodiodos, diseñados para detectar la luz incidente y generar un voltaje o corriente proporcional (SENSOR, 2023).

Para seleccionar un sensor adecuado, es crucial definir claramente la información que se desea capturar y las condiciones del entorno donde será instalado. Factores como la temperatura, humedad, y la exposición a sustancias químicas o polvo deben ser considerados, ya que afectan la durabilidad del sensor y su desempeño a largo plazo.

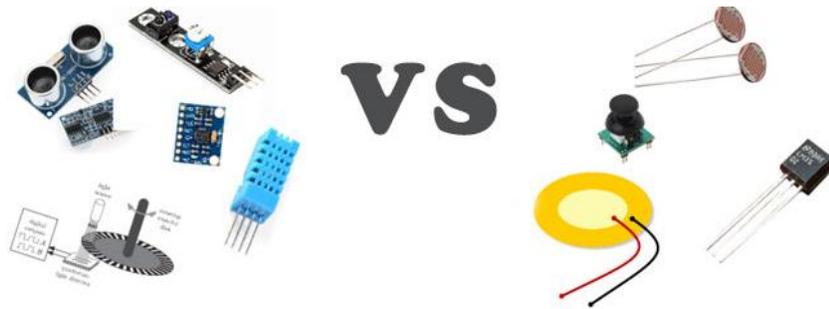
Es fundamental contar con conocimientos básicos para identificar los sensores adecuados para la implementación del sistema, considerando su funcionalidad, durabilidad y resistencia. Además, es importante evaluar las ventajas y desventajas de cada sensor para garantizar un rendimiento óptimo y una integración eficiente en el proyecto.

La elección debe centrarse en las funciones requeridas, como el rango de medida, la precisión en la recolección de datos, y el error máximo aceptable según la aplicación.



**Figura 4.** Diferentes sensores utilizados en el IoT. Se presentan diversos sensores, incluyendo el sensor ultrasónico, que emite señales para medir distancias con precisión, y el sensor de humedad, uno de los más utilizados en aplicaciones de monitoreo ambiental y de fluidos. Fuente: (Electronics, s.f.)

Adicionalmente, es importante identificar el tipo de señal de salida del sensor (analógica o digital) para garantizar su compatibilidad con el sistema de procesamiento. Otro aspecto esencial es evaluar cómo responde el sensor cuando la variable de entrada es nula, asegurando que el valor base sea consistente y confiable para evitar errores en el análisis.



**Figura 5.** Diferentes sensores analógicos y digitales. Es fundamental identificar estos tipos de sensores para determinar la programación adecuada y el método de conversión necesario para obtener información precisa. Fuente: (Sensor, 2023)

Finalmente, se debe considerar el costo-beneficio, incluyendo mantenimiento y disponibilidad en el mercado, para seleccionar una solución duradera y eficiente. (Kaspersky, 2020).

## 2.1.2 Computación en la nube

Este modelo se basa en la demanda reducida de recursos compartidos, los cuales incluyen ordenadores, servidores, software, unidades de almacenamiento, aplicaciones, redes, entre otros, permitiendo que los proyectos se desarrollen a gran escala al captar y procesar grandes flujos de datos en tiempo real para múltiples usuarios finales (Cloud, 2024).

Los modelos en la nube se dividen en tres categorías: nube pública, nube privada y nube híbrida, dentro de la nube pública, se encuentran los servicios proporcionados por terceros que ofrecen recursos compartidos a múltiples usuarios a través de internet. La nube privada, es utilizada exclusivamente por una única organización, que gestiona y administra los recursos en sus propios centros de datos. Por último, la nube híbrida combina características de la nube pública y privada, lo que permite a las organizaciones aprovechar las ventajas de ambos modelos de manera flexible y eficiente. Así mismo la computación en la nube o cloud computing consiste en ofrecer servicios de almacenamiento y procesamientos de datos a través del internet el cual da acceso a software, almacenaje de ficheros o servicio local, gracias al acceso de baja demanda a través de internet (Huawei, 2021).



**Figura 6.** Estructura de la función el IoT en la vida real. Se observan los diferentes elementos utilizados y su aplicación en el IoT. Fuente: (Freepik, 2024).

La integración de la computación en la nube en el proyecto permite una gestión eficiente de los datos, ofreciendo acceso en tiempo real, escalabilidad y confiabilidad. Este enfoque optimiza la experiencia del usuario al proporcionar información relevante y actualizada para la toma de decisiones, además de reducir costos operativos relacionados con el almacenamiento y procesamiento local.

## 2.2 Arquitectura de alto nivel del IoT

El término "Internet de las Cosas" fue acuñado por Kevin Ashton, quien sentó las bases para la creación de una infraestructura capaz de conectar dispositivos inteligentes, desarrollando así la primera arquitectura de IoT. Los modelos iniciales eran simples y se centraban en la interconexión de dispositivos mediante protocolos básicos. Posteriormente, en 2010, se estableció la arquitectura de tres capas, con la percepción, red y aplicación.

Con el tiempo, esta arquitectura evolucionó hacia un modelo de cuatro capas, que incluye la capa de percepción, de conectividad, análisis y procesamiento de datos y por último de aplicación.

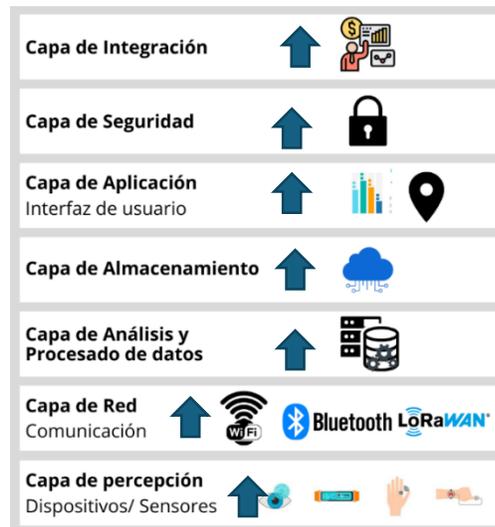


**Figura 7.** Arquitectura de alto nivel en el IoT en los inicios fueron cuatro capas principales. Fuente: Elaboración propia.

Las capas del IoT abarcan desde la capa de percepción, encargada de capturar datos a través de sensores y actuadores que monitorean variables del entorno, hasta la capa de aplicación, donde la información es presentada al usuario de manera accesible y práctica.

La capa de conectividad asegura la transmisión de datos desde los dispositivos hacia los sistemas centrales utilizando tecnologías como Wi-Fi, Bluetooth o Zigbee, seleccionadas según los requerimientos del proyecto y las condiciones del entorno. Posteriormente, los datos se procesan en la capa de análisis, donde se almacenan en bases de datos, se interpretan y se generan resultados útiles mediante algoritmos y sistemas inteligentes, para enviar los resultados a la capa de aplicación, donde el usuario final puede acceder a la información en tiempo real, en un dispositivo, facilitando el monitoreo y la toma de decisiones informadas.

Con el diseño estructural nos permite la conexión de dispositivos para recopilar, procesar y enviar datos, facilitando su gestión eficiente y segura. La configuración específica de esta arquitectura puede variar según las necesidades del proyecto, lo que permite una adaptación flexible a diferentes requisitos y contextos (Digi, 2024).



**Figura 8.** *Arquitectura de Alto Nivel del IoT del sistema AquaSensolar, la cual está organizada en siete capas distintas. Fuente: Elaboración propia.*

Cada una de estas capas cumple una función específica para garantizar la eficiencia, escalabilidad y robustez del sistema. Estas capas incluyen desde la interfaz de usuario hasta la integración con dispositivos IoT y servicios en la nube, asegurando una comunicación fluida, procesamiento de datos en tiempo real y una experiencia de usuario optimizada. La arquitectura del IoT se modela de abajo hacia arriba debido a la secuencia lógica en que los datos que se generan, procesan y transmiten a través de los distintos niveles del sistema.

Cada capa depende de la anterior, lo que establece una estructura jerárquica que refleja cómo la información fluye desde los dispositivos físicos hasta la aplicación de usuario. Este enfoque sigue la secuencia natural en la que los sistemas IoT recopilan, procesan y utilizan la información.

## 2.2.1 Capa de Percepción (Dispositivos / Sensores)

En la primera capa de desarrollo del IoT, se lleva a cabo la recopilación de datos mediante diversos tipos de sensores, con el objetivo de identificar los parámetros necesarios para el monitoreo y análisis de la información a través del Internet de las Cosas (Cengiz, 2021). Los parámetros y variables dependen del problema a resolver con la ayuda de la medición de temperatura, presión, calidad del aire, ruido, entre otros, que pueden agruparse en categorías como físicas, químicas, mecánicas, estructurales, etc. Esta capa tiene una variedad de dispositivos físicos, como lectores RFID, sensores de proximidad, GPS, y múltiples tipos de sensores especializados.

Para este estudio, las variables que se tomarán en cuenta son la temperatura y el nivel de agua, para medir la temperatura del agua se utilizara el sensor termopar tipo K, el cual tiene un amplio rango y se integra fácilmente con microcontroladores con ayuda de la tarjeta de adquisición de datos el cual nos ayudara procesar y transmitir los valores obtenidos, permitiendo una lectura precisa y en tiempo real.



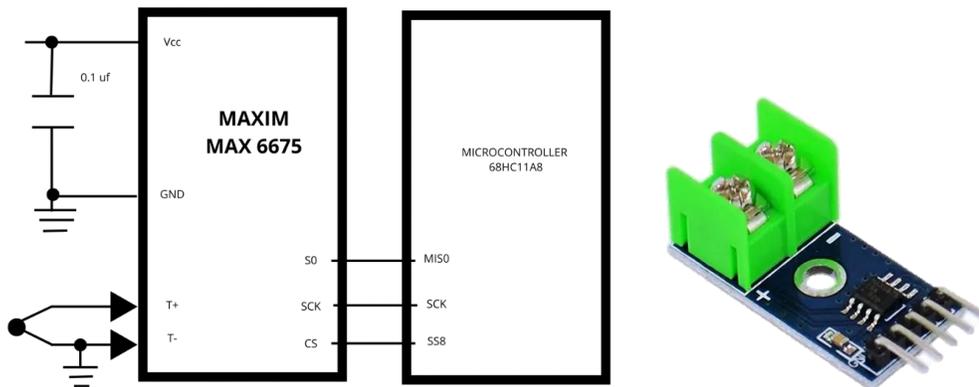
**Figura 9.** Sensor termopar tipo K para medición de la temperatura el cual está diseñado con un cable de longitud extendida, lo que facilita su implementación al permitir una conexión sencilla y flexible al sistema. Fuente: (Amazon, 2024)

El sensor termopar tipo K mide con precisión la temperatura y tiene la capacidad de captar el rango de temperatura es de 200°C a 1250°C o (328°C a 2282°F), estándares de límites de error Mayor de 2.2°C o 0.75% con una especificación de límites de error Mayor a 1.1°C o 0.4% (Chavarria, 2024). Los termopares tipo K están compuestos por dos conductores metálicos distintos: uno positivo, hecho de níquel-cromo, y uno negativo, de níquel-aluminio los cuales son resistentes a la corrosión. Estos materiales forman dos hilos que se encuentran unidos en un extremo, conocido como la junta caliente, mientras que el otro extremo, denominado junta fría, permanece separado creando el efecto Seebeck, que genera una

tensión eléctrica cuando hay una diferencia de temperatura entre las dos juntas. Esta tensión es proporcional a la variación de temperatura, lo que permite medirla de manera precisa.

El voltaje que se obtiene es directamente proporcional a la temperatura medida, sin embargo, debido a su baja magnitud, es necesario emplear un dispositivo de amplificación y conversión para que pueda ser utilizado con microcontroladores como Arduino.

En este contexto, el MAX6675 juega un papel crucial como convertidor analógico a la digital (ADC), diseñado específicamente para termopares tipo K, permitiendo la lectura precisa de temperaturas en un rango de 0 a 1024 grados Celsius, con una resolución de  $0.25^{\circ}\text{C}$ . Esta metodología ofrece un enfoque sistemático para la implementación de sistemas de medición de temperatura basados en microcontroladores, subrayando su relevancia en aplicaciones tecnológicas modernas (Chavarría, 2024).



**Figura 10.** Módulo de interfaz para termopar tipo k Max6675. Observamos el diagrama que representa el funcionamiento del módulo, mostrando cómo realiza la conversión de la información y la función de cada puerto. Fuente: Elaboración propia, (Mercadolibre, 2024).

Dentro del sistema se utiliza el cable UTP como sensor para determinar el nivel de agua en el tinaco, proporcionando datos esenciales para el monitoreo de disponibilidad de agua.

El cable UTP es utilizado hoy en día, existen distintos tipos de categorías de cables, y son abreviadas como CAT. El de mayor importancia es el CAT 6 y CAT 6<sup>a</sup> se caracteriza por transmitir información sin interferencias y ruido, con una transmisión a frecuencias de hasta 250 Mhz y tiene una velocidad de 10 Gbps al componerse por varios pares de cables de cobre aislados entre sí.

Cuando se sumerge en agua, la conductividad eléctrica entre los hilos del cable cambia debido a la presencia del agua, esto permite medir el nivel del agua en función de la resistencia eléctrica o cambios en la capacitancia.



**Figura 11.** Cable UTP CAT6 para el envío de datos y gracias a su composición de cobre, se garantiza una transmisión de señal estable y una alta durabilidad del material. Fuente: (Freepik, 2024)

Para capturas y enviar los datos es necesario utilizar el microcontrolador Esp32 el cual es un circuito integrado que contiene en su interior una unidad central de procesamiento (CPU), memoria (RAM y ROM), puertos de entrada/salida y periféricos.



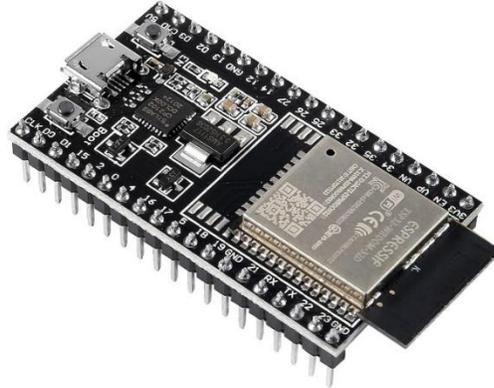
**Figura 12.** TBloc de 4 pines utilizado para la conversión de datos. Este componente para identificar los tres niveles de agua, mientras que el último se emplea para suministrar energía al sensor. Fuente: (Amazon, 2024)

Este conjunto de componentes interconectados forma una microcomputadora compacta dentro de un solo chip, capaz de procesar datos e instrucciones en formato binario. Dichos datos están codificados en patrones de 1's y 0's, el lenguaje máquina de los microcontroladores, donde cada bit representa la mínima unidad de información.

Características principales:

- Procesador: Tensilica Xtensa LX6 de 32 bits.
- Conectividad Wi-Fi: 802.11 b/g/n/e/i (802.11n @ 2.4 GHz hasta 150 Mbit/s).
- Bluetooth: v4.2 BR/EDR y Bluetooth Low Energy (BLE).
- Frecuencia de reloj: Programable hasta 240 MHz.
- Rendimiento: Hasta 600 DMIPS.
- Memoria ROM: 448KB para funciones básicas y arranque.
- Memoria SRAM: 520KB para datos e instrucciones.

El ESP32 destaca por su eficiencia energética, que permite un consumo de energía menor, lo que lo convierte en una opción óptima para aplicaciones que requieren operatividad prolongada y estabilidad en la transmisión de datos (sigmaelectronica, 2022).



**Figura 13.** *Microcontrolador tipo Esp32 es un componente esencial para el desarrollo de soluciones IoT debido a su amplia gama de módulos y herramientas. Su versatilidad permite la implementación de diversas funcionalidades y sienta las bases para, en el futuro, diseñar y fabricar una placa personalizada. Fuente: (Amazon, 2024)*

El sistema puede ser alimentado mediante diversas fuentes: una celda solar, una batería (pila) o una conexión directa a la red eléctrica de CFE. Estas opciones ofrecen flexibilidad para adaptarse a diferentes entornos y necesidades energéticas, asegurando su operatividad en diversas condiciones.

En este proyecto, se utiliza una Power Bank como fuente de alimentación la que está equipada con cuatro paneles solares tiene una potencia aproximada de 2 W, lo que la hace autosustentable y adecuada para proyectos de energía renovable. La Power Bank solar está equipada con dos puertos de salida USB de carga rápida de 5 V y 3,1 A, además de un puerto tipo-C que funciona como entrada y salida. La incorporación de una power bank mejora significativamente la eficiencia y confiabilidad del sistema, garantizando un suministro energético estable para la recolección de datos y la conectividad con la nube.

Esto fortalece la funcionalidad del sistema en entornos residenciales e industriales, asegurando su operatividad en todo momento y permitiendo la automatización efectiva del monitoreo de agua y temperatura en los calentadores solares. Además, contribuye a la sustentabilidad del proyecto al reducir la dependencia de la red eléctrica y aprovechar fuentes de energía renovables.

Así mismo se utiliza una placa de circuito impreso o PCB es esencialmente una placa que conecta componentes electrónicos. Es el componente básico de cualquier diseño electrónico y se ha desarrollado a lo largo de los años en un componente muy sofisticado (Antala, 2019).



**Figura 14.** Panel Solar conocido como Power Bank se utilizó para suministrar energía al circuito, teniendo un sistema autosustentable. Fuente: (Mercadolibre, 2024)

## 2.2.2 Capa de Red (Comunicación)

La Capa de Red o Comunicación en la arquitectura del IoT es fundamental para la transmisión de datos entre los dispositivos sensores/actuadores (capa de percepción) y los sistemas de procesamiento de datos. Su propósito principal es garantizar una comunicación eficiente, segura y confiable dentro del ecosistema IoT.

Esta capa es la encargada de conectar el dispositivo red o servidores con la configuración de las rutas para transitar los paquetes de datos, la comprobación de funcionamiento y la recepción de paquetes IP desde otras redes.

El protocolo de comunicación se basa con HTTP (Protocolo de Transferencia de HiperTexto) el cual es un protocolo cliente-servidor que articula los intercambios de información entre los clientes Web y los servidores HTTP, con operaciones de solicitud y respuesta, o cliente / servidor. La especificación completa del protocolo HTTP 1/1 está recogida en el RFC 2616 (Microsoft, 2022).

Una solicitud HTTP es la forma en que las plataformas de comunicación de Internet, como los navegadores web, piden la información que necesitan para cargar un sitio web.

Cada solicitud HTTP realizada por Internet lleva consigo una serie de datos codificados que contienen diferentes tipos de información. (Cloudflare, 2023).



**Figura 15.** HTTP Protocolo de Transferencia de HiperTexto es la forma en que las plataformas de comunicación de Internet. Fuente: (Freepik, 2024).

En la comunicación dentro del IoT, existen diversos tipos de tecnologías que se utilizan según las necesidades del sistema. Bluetooth, por ejemplo, es una tecnología de comunicación inalámbrica diseñada para transmitir señales de voz y datos a corta distancia, típicamente hasta 10 metros, con una alta velocidad de transmisión y bajo consumo de energía. El Wi-Fi ofrece conectividad en hogares, oficinas y espacios públicos. Por último, Zigbee es un estándar de comunicación inalámbrica basado en el protocolo IEEE 802.15.4, diseñado específicamente para redes de área personal con bajo consumo de energía y alcance limitado (Azure, 2024).

**Tabla 1.** Características de las tecnologías de comunicación en el IoT

Tecnología	Alcance	Consumo de Energía	Ancho de banda	Latencia
Bluetooth	Corto alcance	Bajo consumo	Bajo ancho de banda	Baja latencia
Zigbee	Corto alcance	Bajo consumo	Bajo ancho de banda	Baja latencia
Wi-Fi	Medio alcance	Consumo moderado	Alto ancho de banda	Baja latencia

Fuente: (Azure, 2024).

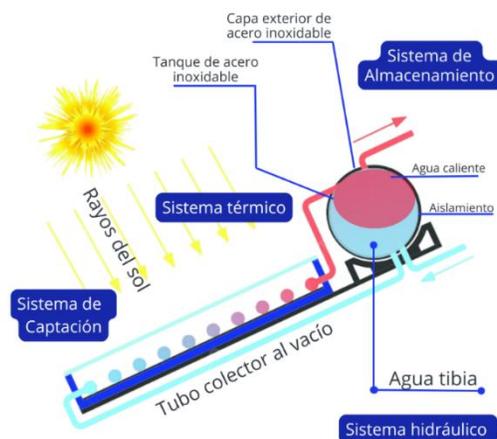
En el desarrollo del proyecto, se seleccionó el Wi-Fi como medio de comunicación principal debido a su practicidad y las ventajas que ofrece, como la ausencia de cables adicionales y la facilidad para integrarse en entornos existentes.

## 2.2.3 Capa de Análisis y Procesado de Datos

Esta capa es la función principal es transformar los datos recopilados por los sensores y dispositivos en información procesable que pueda ser utilizada por aplicaciones y usuarios finales.

Para el desarrollo de este sistema, se realizó una investigación sobre energías sustentables para analizar qué información existente puede aprovecharse y cómo procesar los datos de forma eficiente.

Se inicia el análisis de los calentadores solares, sobre el funcionamiento, con el fin de poder crear un sistema para aprovechar el potencial del agua caliente y optimizar el uso del agua. (Hacia un Programa Nacional de Calentadores Solares de Agua, 2023)



**Figura 16.** Estructura del funcionamiento del calentador solar. Se presentan los cuatro sistemas que el calentador solar utiliza para un funcionamiento adecuado. Fuente: Elaboración propia.

El calentador solar de agua es un sistema que aprovecha la energía solar para calentar agua de manera eficiente y sostenible, brindando autonomía energética. Este sistema se compone de tres partes esenciales: el colector solar, el termotanque y el sistema de tuberías por donde circula el agua. Para asegurar un funcionamiento óptimo, el calentador se instala en el techo de la casa, orientado y con la inclinación adecuada para maximizar la exposición solar durante todo el día. El colector solar conecta con los tubos del sistema, capturando el calor de los rayos solares y transfiriéndolo al agua que circula en su interior.

El calentador solar funciona mediante el efecto de termosifón en el termotanque, donde se genera una circulación natural del agua sin necesidad de bombeo: el agua caliente, siendo

más ligera, asciende y desplaza la fría. (Cruz, 2018). Un componente clave es el aislamiento térmico del termostato, que mantiene temperaturas superiores a 125°C, aunque se disipan gradualmente durante la noche. Paralelamente, el mundo enfrenta un creciente estrés hídrico debido a la alta demanda de agua potable en sectores doméstico, industrial y agrícola, superando la disponibilidad de este recurso en muchas áreas. Para mitigar este problema, se han implementado sistemas de recolección, almacenamiento y distribución de agua en hogares, como los tinacos, que optimizan el manejo del agua.

En México, más de dos tercios del agua consumida en nuestros hogares se usa en el baño, según la (OMS , 2023), que al darse una ducha estándar dura 10 minutos, se utilizan 200 litros de agua (20 litros por minuto).



**Figura 17.** Estudio del consumo de agua por habitante durante un día. Es fundamental reducir el consumo de agua para evitar, en el futuro, problemas que actualmente enfrentamos y que podrían volverse más graves. Fuente: Mapama (INEGI, 2024)

Para conseguir un menor impacto medioambiental sería necesario disminuir el tiempo de la ducha a 5 minutos, un gesto con el que ahorraríamos 100 litros de agua. (Hogar del Confort Sostenible, 2024). La ducha de 5 minutos se puede ahorrar hasta 150 litros de agua, lo que es equivalente a 7.5 garrafones de agua. (Si reducimos nuestras duchas a 5 minutos, ahorramos 100 litros de agua, s.f.).

Basado en un consumo promedio de alrededor de 200 litros de agua por persona por día, una ducha de 5 minutos representa aproximadamente el 40% de su requerimiento diario de agua, el resto del agua se consume para otras necesidades personales, como lavarse los

dientes, usar el inodoro, lavar alimentos, lavar trastes, agua para cocinar, así mismo se observa la distribución de la frecuencia con la que los habitantes se duchan de 7, 14 o 21 veces por semana, lo cual se puede calcular un consumo total de agua por persona



**Figura 18.** Grafica que muestra de cuantas veces se bañan los usuarios al día, proporcionando información clave para comprender el impacto del uso doméstico de agua en el hogar. Fuente: (Zeilis Eugenia Rivera-Pérez, 2020)

Para el suministro de agua caliente en instalaciones sanitarias, con una temperatura de 40°C a la salida para satisfacer las necesidades humanas de higiene personal y tareas domésticas, la temperatura de salida del calentador suele fijarse en 60°C, pero cuando pasa por la tubería se pierde un porcentaje de temperatura.

Como resultado a esta investigación es necesario calcular la cantidad de energía solar necesaria para calentar agua para una persona del calentador solar implica considerar varios factores, la cantidad de agua, la temperatura inicial y final del agua.

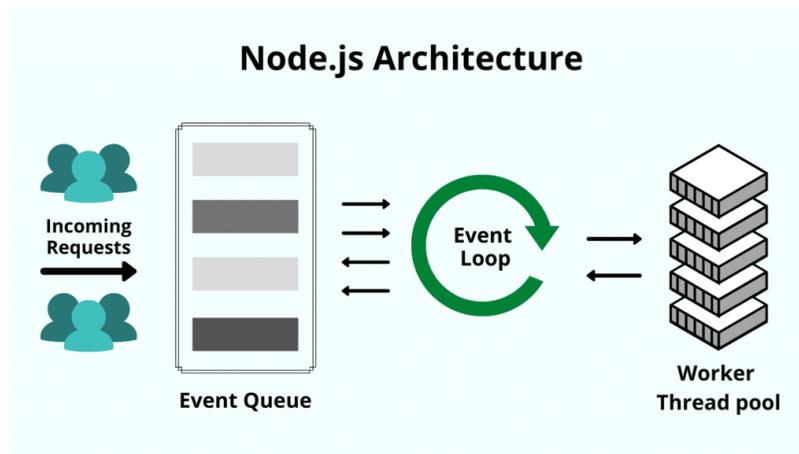
Para este proyecto se utiliza la plataforma MongoDB, en la cual se crea la función del gateway, actuando como puente entre los dispositivos IoT y la base de datos, permitiendo la recepción, procesamiento y almacenamiento de los datos en MongoDB. Se utiliza Node.js para manejar de manera eficiente las operaciones asíncronas y el protocolo HTTP junto con MQTT para lograr una comunicación óptima y ligera entre los dispositivos y el gateway. Esta infraestructura permite una gestión flexible y escalable de los datos en una base de datos NoSQL.

La capa de análisis tiene el propósito de convertir grandes volúmenes de datos en información útil y accionable para los usuarios o sistemas automatizados.

El análisis se lleva a cabo en tiempo real, enfocándose en la captura y evaluación de los datos recolectados por los sensores. Utilizando herramientas como Node.js y MongoDB, los datos se almacenan y procesan eficientemente, permitiendo generar alertas automáticas cuando los valores de los sensores superan los umbrales predefinidos.

Estas alertas se comunican al usuario a través de notificaciones inmediatas. Además, en un futuro se realiza un análisis predictivo utilizando los datos históricos almacenados en la base de datos, lo que permite prever comportamientos futuros del sistema, como la necesidad de mantenimiento o posibles fallos. Esta combinación de monitoreo en tiempo real y análisis predictivo optimiza la eficiencia operativa y asegura una gestión proactiva del sistema.

Node.js es una multiplataforma del entorno de ejecución de JavaScript que permite desarrollar aplicaciones escalables del lado del servidor mediante una arquitectura asíncrona y no bloqueante.



**Figura 19.** *Arquitectura de Node.js utilizada en el IoT, lo cual facilita la creación de aplicaciones de red y servidores privados virtuales. Fuente: (kinsta, 2025)*

Este entorno open-source permite ejecutar JavaScript fuera del navegador, gestionando múltiples conexiones simultáneamente, lo que optimiza el rendimiento en aplicaciones de alta demanda (Diana, 2023).

Node.js es ideal para tareas intensivas de datos y análisis en tiempo real gracias a su arquitectura asíncrona y E/S sin bloqueo, lo que permite una gestión eficiente de aplicaciones en tiempo real y procesamiento de datos como: Chats en tiempo real el cual facilita la comunicación en tiempo real mediante una gestión eficaz de E/S. Streaming de datos, los módulos soportan flujos de lectura y escritura, optimizando el manejo de datos. Dashboards donde el bucle de eventos permite monitorizar servicios asíncronamente. Node.js permite

reutilizar código y optimiza tanto el frontend como el backend, siendo una herramienta flexible y eficiente para desarrolladores (Johnson, 2020).

Por otro lado, Android Studio es el entorno de desarrollo integrado (IDE) recomendado para la creación de aplicaciones Android. Este IDE ofrece un sistema de compilación basado en Gradle, un emulador avanzado, y un entorno unificado que permite el desarrollo para diversos dispositivos. Android Studio también se integra con GitHub, lo que facilita la importación de plantillas de código y ejemplos, así como la creación y administración de repositorios de manera eficiente. Esto asegura una plataforma robusta y flexible para el desarrollo de aplicaciones con componentes reutilizables y una experiencia de compilación optimizada (Developers, 2022).

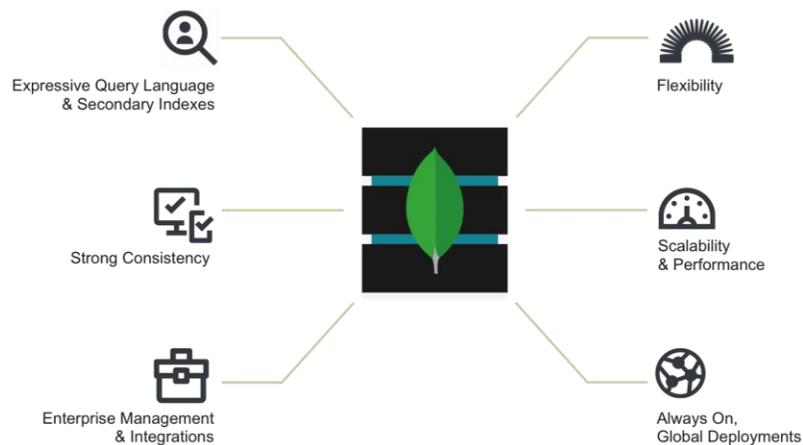
Android System WebView es un enlace entre el navegador y las aplicaciones, lo cual cuenta con una arquitectura de una aplicación móvil, proporcionando acceso al contenido de la interfaz de la aplicación, en el cual se implementan nuevas funciones o correcciones rápidamente sin pasar por un proceso de aprobación de la tienda de aplicaciones (Appmaster, 2023).

La Capa de Análisis es el núcleo de inteligencia del sistema, encargada de procesar los datos brutos capturados por los sensores y transformarlos en información útil y significativa para los usuarios. Esta capa permite optimizar cada acción al analizar en tiempo real parámetros como la temperatura del agua, el nivel del tinaco y los patrones de uso. Además, proporciona recomendaciones personalizadas y alertas configurables, ayudando a los usuarios a tomar decisiones informadas, reducir el desperdicio de recursos y maximizar la eficiencia del sistema. Con esta integración, se facilita una gestión más consciente y sostenible del agua y la energía en el hogar.

## 2.2.4 Capa de Almacenamiento

Esta capa utiliza una base de datos en la nube, donde se almacenan datos históricos de temperatura y niveles de agua, organizados eficientemente para proporcionar al usuario final información precisa y en tiempo real. MongoDB se implementa como la plataforma de base de datos, destacando por su flexibilidad, escalabilidad y un avanzado sistema de consultas e indexación que soporta cualquier escala de operaciones.

MongoDB garantiza alta disponibilidad, escalabilidad horizontal y distribución geográfica de los datos. Su modelo de código abierto permite su uso gratuito, convirtiéndola en una opción viable para empresas de distintos tamaños y sectores (MongoDB, 2024). MongoDB almacena los datos en documentos flexibles, similares a JSON, permitiendo variabilidad en los campos y adaptabilidad en la estructura de datos a lo largo del tiempo. La estructura de MongoDB, destacando su flexibilidad para manejar datos no estructurados y semi-estructurados en un formato de documentos JSON.



**Figura 20.** La estructura y arquitectura de MongoDB. Se resalta su escalabilidad horizontal, que permite gestionar grandes volúmenes de información distribuyendo la carga en múltiples servidores. Fuente: (MongoDB, 2024).

Para desarrollar la aplicación web utilizaremos un Docker para poder actualizar sin necesidad de detener la aplicación (Data, 2017). Docker es una plataforma que utiliza contenedores para aislar y gestionar aplicaciones de forma eficiente. Cada contenedor funciona como un entorno independiente que encapsula una parte de la aplicación junto con sus dependencias. Esto permite realizar actualizaciones o reparaciones específicas sin interrumpir el sistema completo.

Los contenedores están contruidos a partir de imágenes compuestas por capas. Estas capas permiten la reutilización de datos, lo que optimiza el espacio y la agilidad al crear o modificar contenedores. Además, gracias a la capacidad de restaurar versiones anteriores, Docker simplifica el control de cambios y garantiza mayor flexibilidad en el desarrollo.



**Figura 21.** Docker el cual es un contenedor que está compuesta por capas y es una parte fundamental del IoT, ya que permite crear, desplegar y ejecutar aplicaciones en contenedores. Fuente: (Docker, 2024)

Con Docker, la implementación de sistemas se reduce significativamente, pasando de días a segundos, eliminando la necesidad de configurar hardware físico o reiniciar sistemas operativos. Esto hace que la gestión de aplicaciones sea más rápida, rentable y escalable (Hat, 2023).

## 2.2.5 Capa de Aplicación (Interfaz de Usuario)

Esta capa representa el nivel más alto y es donde los usuarios finales interactúan directamente con el sistema. Esta capa traduce los datos recopilados y procesados, son presentadas a través de interfaces accesibles como aplicaciones móviles, web o sistemas automatizados.

Las herramientas necesarias para desarrollar una interfaz de usuario incluyen bibliotecas de JavaScript, como React, una tecnología ampliamente utilizada para el desarrollo de aplicaciones móviles y web. Creada en 2013 por desarrolladores de Facebook, React es una biblioteca de código abierto que permite construir interfaces de usuario interactivas y eficientes utilizando el lenguaje JavaScript, simplificando así el diseño y la implementación de experiencias dinámicas para los usuarios.

Redux es una biblioteca de gestión de estado que utiliza un almacén centralizado para mantener un árbol de estado predecible en una aplicación, reduciendo la inconsistencia de datos al evitar que múltiples componentes actualicen el estado de forma simultánea (Abrams, 2015).

En contraste, Recoil, lanzada por Facebook, emplea "átomos" como unidades de estado actualizables y "selectores" para calcular datos de forma eficiente, permitiendo que múltiples componentes compartan el mismo estado de manera sincronizada y optimizada (Serrano, 2020). React utiliza una sintaxis llamada JavaScript XML (JSX), una extensión que combina HTML y JavaScript, facilitando el desarrollo de interfaces de usuario. En lugar de manejar archivos separados para HTML, CSS y JavaScript, React agrupa estos elementos en componentes reutilizables, piezas de interfaz independientes que pueden implementarse en múltiples lugares de una aplicación (Abrams, 2015). Estos componentes están en tres etapas: montaje, actualización y desmontaje, lo que permite una gestión dinámica y eficiente de la interfaz durante su ciclo de vida (Coppola, 2023).

Vite es una herramienta de desarrollo frontend de tercera generación que incorpora y optimiza diversas tecnologías con diferentes estándares de desarrollo web moderno, como Webpack y Create React App.

Esta herramienta mejora la experiencia de desarrollo mediante optimizaciones avanzadas y un enfoque simplificado para la configuración, lo que permite a los

desarrolladores estructurar sus proyectos de manera eficiente sin configuraciones complejas. Vite se distingue por su rapidez y su capacidad para realizar actualizaciones en tiempo real, ofreciendo una alternativa más fluida y ágil en comparación con herramientas previas en el ecosistema frontend (Platzi, 2022).



**Figura 22.** *Bibliotecas existentes para desarrollar aplicaciones para el IoT se utilizan diversas herramientas para garantizar tanto la seguridad y el buen funcionamiento del sistema final. Fuente: (Mota, 2020)*

Está diseñada para abordar los desafíos del desarrollo frontend, con enfoque modular y adaptable, con una gran flexibilidad en la elección de tecnologías y configuraciones según sus necesidades específicas (Barragán, 2024).

La plataforma de Figma es una herramienta de diseño intuitiva que facilita la colaboración en tiempo real entre equipos. Permite crear prototipos interactivos, compartir ideas de diseño y recopilar retroalimentación en un mismo espacio. Su enfoque en la conectividad y la eficiencia agiliza el desarrollo de productos, integrando todo el flujo de trabajo en una plataforma accesible desde cualquier lugar (Figma, 2024).



**Figura 23.** *Plataforma de Figma para diseñar las interfaces e interacción, además es una herramienta muy fácil de utilizar además de ser interactiva. Fuente: (Figma, s.f.)*

Figma se destaca por ser una herramienta basada en la web, lo que permite a los usuarios acceder a sus proyectos desde cualquier navegador sin necesidad de instalar software (Garcés, 2022).

## 2.2.6 Capa de Seguridad

La capa de seguridad es fundamental para garantizar la protección de los dispositivos conectados en una red IoT. Su objetivo principal es prevenir amenazas externas y proteger tanto la integridad de los datos como la funcionalidad de los sistemas conectados. Esto se logra mediante el uso de protocolos seguros y mecanismos que aseguren la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información.

En este proyecto, se utiliza el protocolo de transferencia de hipertexto seguro (HTTPS), que combina HTTP con una capa de cifrado a través de TLS (Transport Layer Security). Esto garantiza que el intercambio de información entre clientes web y servidores HTTP sea protegido contra interceptaciones, modificaciones o accesos no autorizados. El protocolo TCP, por su parte, asegura una comunicación estable y libre de errores, facilitando un intercambio de datos confiable basado en operaciones de solicitud y respuesta.



**Figura 24.** Protocolo de Seguridad en el IoT. Es fundamental implementar protocolos de seguridad para cuidar al usuario final de amenazas de su información o controlar los sistemas. Fuente: (Freepik, 2024).

Cuando un cliente realiza una solicitud HTTP, esta incluye información codificada, como el tipo de versión de HTTP, la URL, el método HTTP (GET, POST, PUT, DELETE, etc.), y los encabezados de solicitud HTTP. Cada objeto o recurso en la web se identifica mediante una URL, lo que permite que las operaciones actúen sobre recursos específicos. Además, la comunicación soporta el uso de caracteres de 8 bits, lo que posibilita la transmisión de diversos tipos de documentos, desde texto hasta contenido multimedia, respetando siempre su formato original. Este contenido es identificado mediante su clasificación MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions), que asegura la correcta interpretación de los objetos intercambiados.

Una solicitud HTTP típica comienza con el navegador o plataforma IoT enviando una solicitud al servidor, especificando el recurso necesario. El servidor responde con un mensaje que indica el estado de la operación (como éxito o error) y, en caso de éxito, el contenido solicitado. Este enfoque, además de ser eficiente, es altamente compatible con los estándares actuales de Internet, lo que lo hace ideal para integrar dispositivos IoT en redes seguras y escalables (HTTP, 2022).

En el contexto del proyecto AquaSensolar, la capa de seguridad también incluye medidas adicionales, como el cifrado de datos sensibles de la información capturada por los sensores, como temperaturas, niveles de agua o datos de mantenimiento, es cifrada antes de ser transmitida y almacenada en la nube. Otro punto importante es la autenticación robusta, el cual es el acceso al sistema el cual está protegido mediante credenciales seguras y, de ser necesario, autenticación de dos factores (2FA) para evitar accesos no autorizados. El monitoreo de actividades, se implementan sistemas de registro que permiten auditar las operaciones realizadas por los usuarios y detectar comportamientos anómalos.

Al incorporar estas medidas, la capa de seguridad no solo asegura la protección de los datos y dispositivos, sino que también refuerza la confianza del usuario al garantizar que la información proporcionada por el sistema es precisa, privada y confiable. Esto es clave para fomentar la adopción de tecnologías IoT en aplicaciones domésticas y empresariales, alineándose con las mejores prácticas de la industria (Cloudflare, 2023).

## 2.2.7 Capa de Integración

Esta capa permite la integración con sistemas externos mediante APIs de comunicación, facilitando el intercambio de datos en tiempo real. Este enfoque asegura la precisión, consistencia y puntualidad de la información, lo que optimiza el proceso de toma de decisiones y mejora la eficiencia operativa en el sistema.

En la integración de herramientas para el desarrollo de software utilizaremos GitHub la cual juega un papel fundamental al ser un sistema de control de versiones y una plataforma de alojamiento de código que permite gestionar repositorios de forma segura en la nube y siendo un espacio centralizado para almacenar código, organizar proyectos y la colaboración en tiempo real entre múltiples desarrolladores (Platzi, 2021).

Actualmente las empresas y desarrolladores han adoptado diversas estrategias para lograr esta integración, utilizando tecnologías como APIs (Application Programming Interfaces), middleware, servicios en la nube y plataformas IoT (Internet de las Cosas). Estos enfoques permiten conectar dispositivos inteligentes, bases de datos, aplicaciones empresariales y servicios web de manera segura y escalable.

La capa de integración de AquaSensorlar se realiza con la integración cuando se conecta a la base de datos y la lógica del sistema con la interfaz de usuario, asegurando una experiencia fluida y cumpliendo con la experiencia del usuario.

Los dashboards o panel de control en tiempo real donde se visualiza la temperatura y nivel de agua dando al usuario final cuantas personas se pueden bañar con el agua del tinaco.

Otra de las funcionales claves son las notificaciones push ante eventos críticos como baja disponibilidad de agua o temperatura extrema. Y el control remoto para configurar alertas, tiempos de funcionamiento y otras opciones del sistema.

En la actualidad, la integración de sistemas es un pilar fundamental en el desarrollo de soluciones tecnológicas, permitiendo la interoperabilidad entre diferentes plataformas, dispositivos y aplicaciones.

Con esta investigación nos proporciona una visión general de las soluciones disponibles en el mercado y sienta las bases para explorar cómo estas tecnologías pueden ser aplicadas en AquaSensolar para garantizar una integración eficiente y robusta.

**Tabla 2 . Tipos de los sistemas comerciales de calentadores solares de agua**

Nombre	Descripción	Figura
<p><b>Master Calentador solar y eléctrico.</b></p> <p>Cuenta con un doble sistema de calentamiento solar y eléctrico.</p>	<p>Este producto nos da las referencias que es resistente a Condiciones Climáticas Adversas, Puede cubrir perfectamente las necesidades de 3 a 4 personas, Capacidad y Conveniencia para Satisfacer Múltiples Necesidades, Tecnología de Calentamiento Patentada Innovadora y versátil, Doble Sistema de Calentamiento.</p>	
<p><b>IoT Gateway Remote Asset Monitoring</b></p>	<p>Este sistema está diseñado para integrar sensores con entradas analógicas y digitales, permitiendo el monitoreo a través de conexiones 3G o 4G. Se conecta a un servidor remoto mediante una plataforma IoT estándar, proporcionando una supervisión en tiempo real.</p>	

Fuente: (Aqua, s.f.) (selisar, 2023).

En la tabla, se presentan los dos sistemas disponibles para la medición de temperatura, comparando sus principales características que permite identificar una visión más clara de cuál de estos sistemas es más adecuado para aplicaciones específicas.

Esta nos permite conectar los sistemas y aplicaciones con una mejor comunicación aumentando la eficiencia en la optimización de los procesos para poder hacer una escalabilidad, con mantenibilidad (Neto, 2023). Así mismo se realiza un análisis de lo que existe en el mercado sobre la propuesta que se realiza.

En la tabla, se muestra una comparativa de los diferentes sistemas disponibles para el monitoreo del nivel de agua en los tinacos. Si bien hay varias opciones en el mercado, solo

uno de estos sistemas permite la visualización de datos directamente en un dispositivo móvil, facilitando el monitoreo en tiempo real. Los demás sistemas requieren que el usuario se acerque físicamente al dispositivo para verificar el nivel, lo que suele implicar encender manualmente un botón de medición, haciendo el proceso más engorroso y menos conveniente.

**Tabla 3.** Estudio de sistemas comerciales de monitoreo del agua

Nombre del sistema	Descripción del producto	Figura
<b>Automatización de un sistema solar de calentamiento de agua.</b>	El monitoreo en tiempo real del estado del tinaco, se reciben alertas en el teléfono cuando está a punto de terminar el agua, un control de agua remotamente, se lleva un control del consumo y se controla a través de un asistente virtual. Este aparato hay que colocarlo afuera del tinaco y agregar los sensores al tinaco y empieza a configurar para enviar la información.	
<b>Indicador Medidor De Nivel De Agua Tinaco O Cisterna 10 Mts</b>	Indicador de nivel de agua para tinaco o cisterna con 10 mts de cable, con solo oprimir un botón basta para conocer la cantidad de agua que tienes y puedas administrar de manera correcta. Solo introduce la sonda al tinaco, fija el indicador en algún muro en el interior de la casa y coloca una batería de 9v de fácil es la instalación. Costo de \$489	
<b>Soluciones ELISAR sistema de nivel de agua</b>	La instalación cuenta con el material, con una aplicación, notificando si hay una falla en el flotador, evitando el desbordamiento y escasez de agua, con un mantenimiento proactivo. Costo de \$1200.	

Fuente: Mastert, Aqua Level 2, Elisar.

Esta capa de integración no solo permite la conectividad entre los distintos elementos del sistema, sino que también proporciona la escalabilidad y flexibilidad necesarias para futuras mejoras e implementaciones. Con un diseño robusto y bien estructurado, AquaSensolar puede garantizar un rendimiento óptimo, facilitando la toma de decisiones basada en datos en tiempo real y promoviendo un uso más eficiente de los recursos hídricos y energéticos.

### 3. Metodología

Dentro de la investigación realizada, se identificó que actualmente existen pocos sistemas específicos para el monitoreo de la temperatura en calentadores solares, lo que representa una oportunidad para desarrollar una solución innovadora.

A partir de esta observación, se diseñó un sistema integral que aborda la problemática principal enfrentada por los usuarios de calentadores solares: la falta de información en tiempo real sobre el rendimiento y la temperatura del agua, así como el nivel de agua en el tinaco. Lo cual se desarrolló los siguientes pasos.

**La identificación del problema y análisis de requerimientos:** Se realizó una revisión exhaustiva de la literatura y estudios sobre calentadores solares, así como una encuesta a usuarios actuales, para identificar las principales necesidades y desafíos asociados al monitoreo de estos sistemas, así mismo se definieron los parámetros clave a medir, como temperatura del agua y nivel del tinaco, y se establecieron los requerimientos funcionales y técnicos del sistema.

**El diseño del sistema de monitoreo:** Se seleccionaron sensores adecuados, incluyendo un termopar tipo K para la medición precisa de la temperatura y el cable UTP para medir el nivel del agua. Dentro de la arquitectura del sistema utilizando un microcontrolador ESP32, que permite procesar los datos recopilados y enviarlos a la nube mediante una conexión Wi-Fi. Así mismo se crea una base de datos en MongoDB para almacenar la información en tiempo real, garantizando su disponibilidad para consulta y análisis.

**Desarrollo de la aplicación móvil:** Se creó una interfaz intuitiva y fácil de usar que permite a los usuarios visualizar los datos en tiempo real, como la temperatura del agua y el nivel disponible en el tinaco.

Se integraron funciones de notificación para alertar sobre niveles críticos de agua, temperaturas fuera de rango o la necesidad de realizar mantenimiento. La aplicación incluye recomendaciones automáticas para optimizar el uso del agua caliente y la energía solar.

**Implementación del sistema:** El sistema fue instalado en un calentador solar prototipo, ubicando estratégicamente los sensores para garantizar lecturas precisas y confiables. Se configuró la transmisión de datos desde los sensores al microcontrolador y, posteriormente, a la nube para su almacenamiento y visualización.

**Pruebas y validación:** Se realizaron pruebas exhaustivas para validar la precisión de las mediciones de temperatura y nivel de agua bajo diferentes condiciones ambientales y de uso. Se verificó la estabilidad de la conexión a la nube, la eficacia de las notificaciones y la usabilidad de la aplicación móvil. Se ajustaron los parámetros del sistema con base en los resultados de las pruebas para garantizar un desempeño óptimo.

**Optimización y escalabilidad:** Se evaluó la posibilidad de escalar el proyecto para su implementación en otros contextos, como sistemas de calefacción hidrónica o aplicaciones industriales.

### 3.1 Métodos y Técnicas

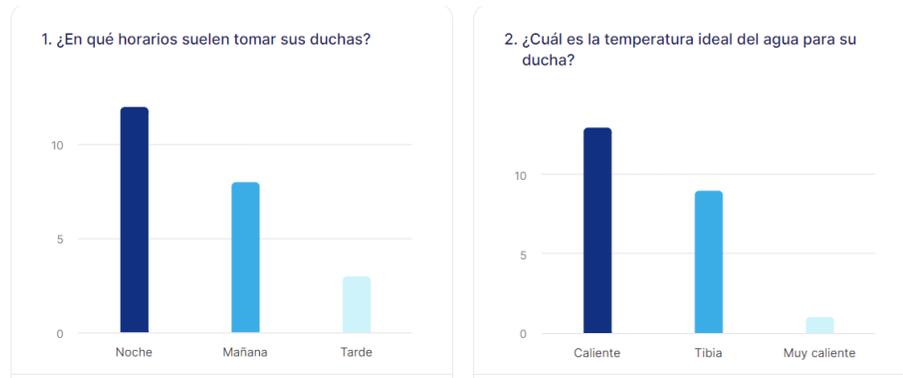
El desarrollo de este proyecto requiere la implementación de métodos y técnicas adecuados para garantizar la precisión, confiabilidad y eficiencia del sistema propuesto. Para ello, se emplea una combinación de enfoques cualitativos y cuantitativos que permiten la recolección, análisis e interpretación de datos relevantes para el monitoreo de la temperatura y el nivel del agua en los calentadores solares y tinacos.

Se llevó a cabo una encuesta con el objetivo de identificar y evaluar la factibilidad técnica, operativa y económica para implementar un sistema de monitoreo de la temperatura del agua caliente en calentadores solares y nivel del agua.

La muestra incluyó a 23 personas, quienes respondieron la encuesta a través de la plataforma **my.survio.com**. Los resultados muestran los hábitos de uso del agua caliente, la mayoría de los usuarios utilizan el agua para ducharse por la noche y otra parte la usa por la mañana, y sobre el consumo agua es moderado.

Dentro de la funcionalidad de los calentadores solares, aproximadamente la mitad de los participantes señaló que rara vez perciben una disminución en el rendimiento del sistema. Sin embargo, algunos informaron haber enfrentado ocasionalmente problemas técnicos relacionados con la funcionalidad del sistema. Es relevante mencionar que ningún encuestado ha experimentado derrames de agua como consecuencia de un exceso de agua caliente.

Finalmente, la aceptación de un nuevo sistema que garantice fiabilidad y facilidad de uso parece prometedora, ya que los participantes manifestaron estar dispuestos a invertir entre mil y dos mil quinientos pesos en la adquisición de dicha tecnología.



**Figura 25.** Resultados de la encuesta de la pregunta uno y dos

Se presentan los resultados de una encuesta realizada para comprender los hábitos de baño de los usuarios. El análisis muestra que la mayoría de las personas prefieren bañarse por la noche utilizando agua caliente. La segunda respuesta más común corresponde a quienes se bañan por la mañana, optando principalmente por agua tibia.



**Figura 26.** Resultados de la encuesta de la pregunta tres y cuatro

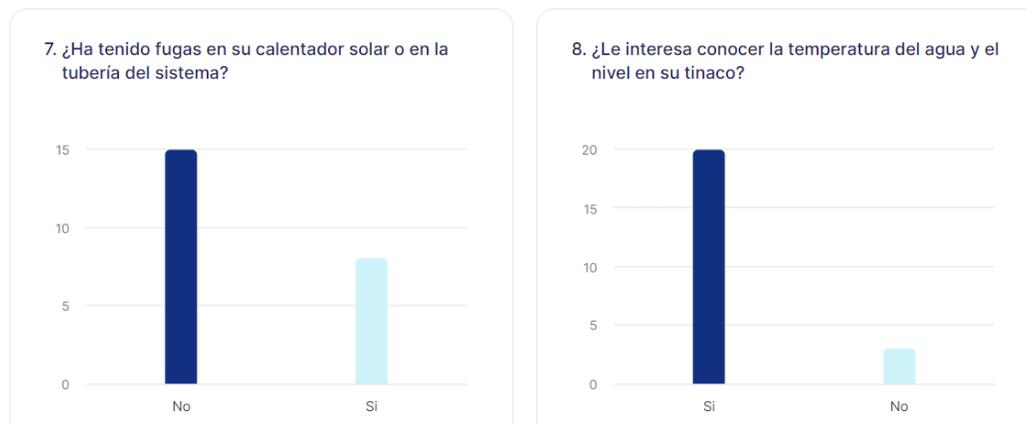
La mayoría de los encuestados indicó que el consumo de agua durante la ducha es moderado, lo que refleja una tendencia hacia la optimización del uso de este recurso. Además, una gran proporción de los participantes señaló que ya cuentan con un calentador solar

instalado en sus hogares, lo que demuestra un interés creciente en el uso de tecnologías sostenibles para el ahorro energético y de recursos.



**Figura 27.** Resultados de la encuesta de la pregunta cinco y seis

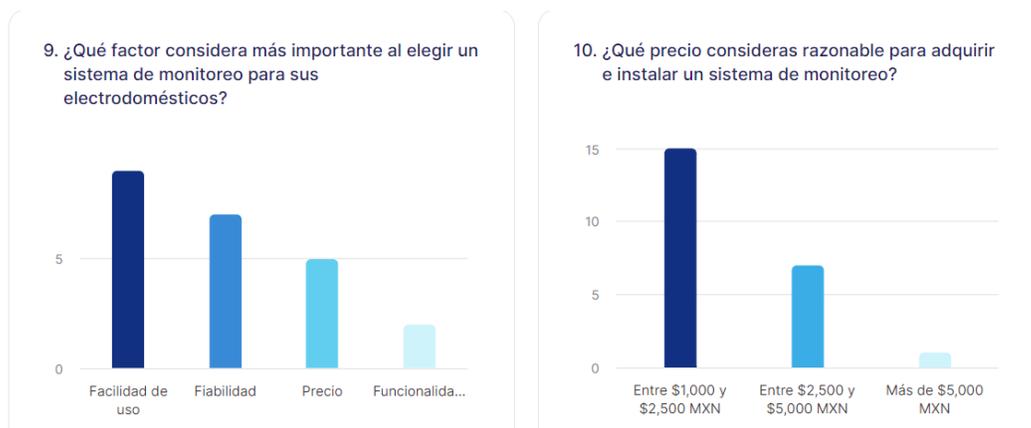
En la distribución de respuestas de los encuestados respecto a la falta de disminución en el rendimiento de la funcionalidad del sistema, así como la ausencia de expulsiones de agua debido al jarro de aire. La mayoría de los usuarios no han experimentado problemas relacionados con estos aspectos.



**Figura 28.** Resultados de la encuesta de la pregunta siete y ocho

Como resultado de la encuesta, se observó que la mayoría de las personas no ha experimentado problemas significativos con su calentador solar, lo que indica una percepción positiva hacia esta tecnología. Sin embargo, la mayoría expresó interés en conocer tanto la

temperatura del agua como el nivel disponible en tiempo real. Este interés refleja una necesidad no cubierta de información precisa que les permita tomar decisiones informadas sobre el uso del agua caliente, optimizar su consumo y mejorar la experiencia de uso.



**Figura 29.** Resultados de la encuesta de la pregunta nueve y diez

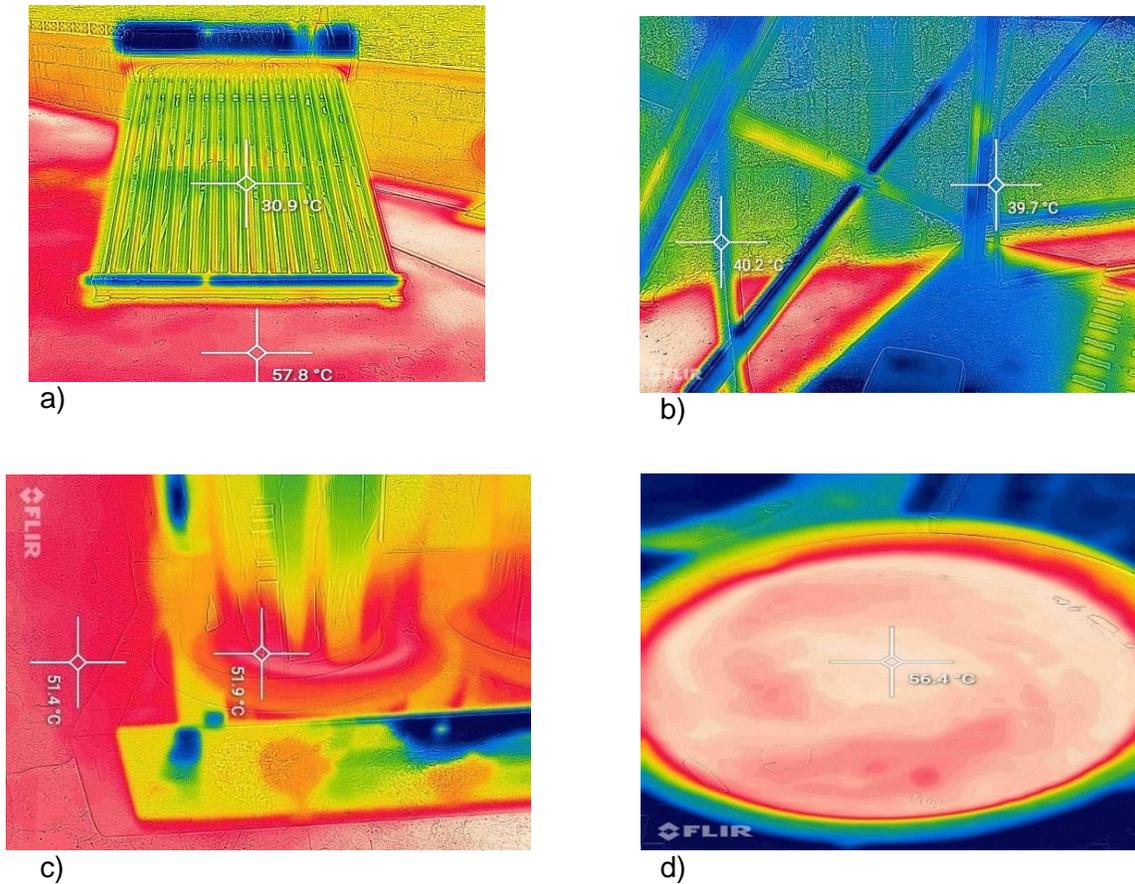
Los encuestados destacan la importancia de la facilidad de uso en el sistema, lo que subraya la necesidad de desarrollar una interfaz intuitiva y funcional. Asimismo, muestran una disposición a invertir entre \$1,000 y \$2,500 pesos para implementar esta automatización en sus hogares.

En general, los resultados de la encuesta no solo confirman el interés en las tecnologías sostenibles, sino también la necesidad de desarrollar soluciones que ofrezcan información en tiempo real, facilidad de uso y una experiencia optimizada. Esto refuerza la relevancia de proyectos como AquaSensolar, que buscan satisfacer estas demandas y fomentar un consumo más eficiente y responsable del agua caliente en los hogares.

En el desarrollo del proyecto AquaSensolar, fue crucial realizar una investigación de campo para evaluar el desempeño térmico de los calentadores solares. Este análisis se llevó a cabo utilizando herramientas avanzadas, como una cámara térmica, para identificar los puntos clave de transferencia de calor y eficiencia en el sistema.

Los resultados obtenidos proporcionaron información valiosa sobre el comportamiento térmico del calentador, permitiendo identificar áreas de mejora y validar su funcionalidad para uso doméstico.

Se evaluó el desempeño del calentador solar mediante una cámara térmica, con el objetivo de identificar los puntos clave de su sistema y analizar su comportamiento térmico.



**Figura 30.** Fotografías con cámara térmica del calentador solar

Fuente: Elaboración propia

En la figura 30a, se observa el calentador junto con la temperatura del suelo, que alcanza 57.8°C, mientras que los tubos registran una temperatura de 30°C, evidenciando el contraste térmico del entorno.

La figura 30b muestra la temperatura de la estructura del calentador y del tubo de salida de agua caliente, proporcionando información detallada sobre la distribución del calor dentro del sistema. Por su parte, la figura 16c resalta el proceso de transferencia térmica en los tubos, confirmando la eficiencia del sistema para transmitir el calor hacia el agua.

Finalmente, la figura 30d registra una temperatura del agua de 56.4°C, lo que demuestra la efectividad del calentador solar para elevar la temperatura del agua, garantizando su funcionalidad y su utilidad para aplicaciones domésticas.

Otra área importante durante el desarrollo del proyecto es la evaluación de la calidad de calentadores que existen en el país. Se hizo una investigación sobre las marcas de calentadores solares disponibles en el estado de Hidalgo, que están afiliadas a la Agencia Estatal de Energía de Hidalgo. Se identificaron seis proveedores, de los cuales solo se encontraron productos de tres.

A continuación, se presenta una tabla con la información recopilada sobre las marcas y los modelos disponibles en el mercado.

**Tabla 4**  
*Descripción de los Proveedores de Calentadores Solares*

Marca	Descripción	Información de contacto
<b>SUNERGON SA DE CV</b>	Esta empresa vende dos tipos de calentadores de baja presión y alta presión 5 años de garantía 85% ahorro de gas Calientan en días nublados	Camino Real, 30, San Andrés Atenco, C.P. 54040, Tlalnepantla de Baz, Estado de México Teléfono 5564395276 Correo electrónico Ventas@Sunergon.Com.Mx Sitio Web <a href="http://www.Sunergon.Net">Www.Sunergon.Net</a>
<b>ENERAL</b>	Vende calentadores de marca innovasun	Avenida Insurgentes, Poniente, 29-F, La Reforma, C.P. 42302, Ixmiquilpan, Hidalgo Teléfono 7721080250 Correo electrónico eneralmx@gmail.com
<b>Calentadores Solares de Hidalgo - Sucursal Colosio</b>	Venden la marca Ilios y era Ofrecen servicio técnico, instalación, mantenimiento preventivo y correctivo	Bulevar Luis Donaldo Colosio, #107 Local E, Col. San Cayetano, C.P. 42084, Pachuca de Soto, Hidalgo Teléfono 7717020501 Correo electrónico <a href="mailto:cocsh.tulipanes@gmail.com">cocsh.tulipanes@gmail.com</a>

Fuente: Sunergon, Eneral, Solares de Hidalgo.

Asimismo, se realizó una investigación sobre los diferentes tipos de calentadores solares disponibles en el mercado, clasificándolos en tres categorías de calidad. Se observó que, al realizar una inversión mayor, se obtiene una mayor durabilidad y resistencia en los materiales utilizados, lo que se traduce en un grosor superior y una vida útil prolongada del equipo.

Entre las marcas analizadas, se encontró que la diferencia de costo entre los modelos de calidad Premium y los de calidad regular es de aproximadamente \$350 por unidad. Sin embargo, esta diferencia de precio puede triplicar la vida útil del calentador y ofrecer una

garantía más extensa, lo que representa una inversión más rentable a largo plazo para los consumidores.

**Tabla 5**  
*Evaluación de calidad y características de Calentadores por Profeco.*

Calidad	Marca	Puntaje	Vida útil máximo	Lamina interna	Aislante poliuretano	Precio
Premium	EKOPOWER pro max	99	30 años	0.52 mm	55 mm	\$1,740.00
Premium	Os Premium	98	25 años	0.50 mm	55 mm	\$1,920.00
Alta	KANNDASSOLAR	87	25 años	0.40 mm	50 mm	\$1,505.00
Alta	Republica Solar	82	25 años	0.40 mm	49 mm	\$1,636.00
Regular	Solaris	78	20 a 25 años	0.35 mm	45 mm	\$1,390.00

Fuente: (Profecologico, 2022).

Dentro del desarrollo, se explicará la aplicación de diversas capas de la arquitectura de IoT, con el objetivo de clarificar cómo se implementan y cómo contribuyen al funcionamiento del sistema en su conjunto.

## 3.2 Capas de desarrollo de la arquitectura del IoT

La arquitectura del IoT se basa en un diseño estructurado en capas que permiten la integración y comunicación eficiente entre dispositivos, sistemas y usuarios. Este enfoque modular facilita el desarrollo de soluciones tecnológicas complejas, garantizando interoperabilidad, escalabilidad y confiabilidad.

### 3.2.1 Capa de percepción

El primer paso consistió en analizar los dispositivos disponibles para identificar áreas de mejora, enfocándose en cómo una supervisión continua de la temperatura puede optimizar el uso de la energía solar y maximizar la disponibilidad de agua caliente.

Se seleccionó el sensor termopar tipo k adecuado para medir la temperatura y el nivel de agua, transmitiendo los datos a través de Wi-Fi mediante un ESP32 hacia un servidor en

la nube. Allí, los datos se procesan preliminarmente para reducir su volumen, lo que permite optimizar el aprovechamiento de la energía y minimizar el desperdicio de agua.

### 3.2.2 Capa de red

En esta capa, el sistema utiliza una red de área local (LAN) o una red de área amplia (WAN) para garantizar la conectividad en tiempo real. El microcontrolador (ESP32) se conecta a través de Wi-Fi, lo que le permite enviar datos de temperatura y nivel de agua capturados por los sensores a la nube. Además, la capa de red emplea protocolos de comunicación seguros y eficientes para minimizar la latencia y mantener la integridad de los datos transmitidos. Esto asegura que el sistema pueda proporcionar notificaciones en tiempo real a los usuarios, alertándolos sobre situaciones como niveles de agua críticos, fallos en el sistema, o condiciones de sobrecalentamiento. La implementación de esta capa es esencial para mantener la conectividad y el flujo de datos necesario para el monitoreo y la toma de decisiones inmediatas, asegurando que los usuarios reciban la información necesaria para maximizar el rendimiento de su sistema de agua y calentador solar.

### 3.2.3 Capa de análisis y procesos de datos

La capa de análisis y procesamiento de datos del proyecto desempeña un papel fundamental en la integración eficiente de la información proveniente de dispositivos IoT, interacciones del usuario y fuentes externas, como datos climáticos. Su función principal es garantizar que solo se manejen datos relevantes y precisos, permitiendo extraer información valiosa para optimizar el funcionamiento de los calentadores solares y el consumo de agua. Además, esta capa proporciona información procesable en tiempo real, asegurando la correcta operación del sistema y mejorando la experiencia del usuario. Con estas capacidades, se establece un sistema IoT inteligente, confiable y adaptable a las necesidades de los usuarios.

En el procesamiento de datos, se llevan a cabo varias funciones, el primero es el preprocesamiento de datos donde incluye la limpieza de los datos y la eliminación de valores atípicos o erróneos. Esto es esencial para asegurar que los datos que se ingresen al sistema sean fiables, después el análisis de los datos históricos de temperatura, nivel de agua y otros parámetros, el sistema puede identificar patrones y tendencias que ayuden a prever el

comportamiento del sistema. En esta capa se implementan los algoritmos de lógica que determinan cuándo es necesario enviar notificaciones a los usuarios, como alertas de mantenimiento, niveles críticos de agua o temperatura fuera de rango.

Así mismo, se propone el desarrollo futuro de un algoritmo para la predicción de la disponibilidad y temperatura del agua caliente en un calentador solar, incorporando herramientas del Internet de las Cosas (IoT).

Este algoritmo se basará en el análisis de condiciones climatológicas recopiladas en un periodo de tiempo determinado dentro de la región centro del país. No obstante, la creación de dicho modelo presenta desafíos significativos debido a la variabilidad de los factores ambientales y a la necesidad de validar la precisión de las predicciones.

#### **a) Recolección de Datos Climáticos**

Para la predicción de la disponibilidad y temperatura del agua caliente en un calentador solar, es fundamental contar con datos climáticos tanto históricos como en tiempo real. Las principales variables de interés incluyen:

- **Radiación solar global ( $W/m^2$ ):** medición de la energía solar incidente en una superficie específica, fundamental para estimar el potencial de calentamiento del colector solar.
- **Temperatura ambiente ( $^{\circ}C$ ):** influye directamente en la eficiencia del sistema de calentamiento solar, ya que afecta las pérdidas térmicas y el rendimiento del colector.
- **Velocidad y dirección del viento ( $m/s$ ):** afecta la disipación del calor en el colector solar, lo que puede reducir la eficiencia térmica del sistema.
- **Humedad relativa (%):** puede influir en la eficiencia de transferencia de calor y en la capacidad de captación del colector.
- **Precipitación ( $mm$ ):** relevante para evaluar la presencia de días nublados o lluviosos, lo que disminuye la radiación solar disponible y afecta la generación de agua caliente.

➤ Fuentes de recolección de datos

Para obtener información confiable sobre estas variables, se pueden utilizar diversas fuentes, incluyendo bases de datos meteorológicas y sensores instalados en campo:

- Estación meteorológica del SMN (Servicio Meteorológico Nacional) o NASA POWER.
- Bases de datos climáticas como MERRA-2 o ERA5.
- Sensores en campo si se desea mayor precisión.

**b) Modelado del Comportamiento del Calentador Solar**

El comportamiento térmico de un calentador solar de agua puede analizarse mediante modelos físicos basados en balances de energía o mediante algoritmos de aprendizaje automático para realizar predicción es más precisas sobre su desempeño en distintas condiciones ambientales.

➤ Modelo Físico Basado en el Balance de Energía

El calor absorbido por el colector solar se puede estimar mediante la siguiente ecuación:

**Ecuación 1. Balance de energía**

$$Q=A \cdot Gt \cdot \eta - PQ \quad (1)$$

Donde:

- **Q** = Energía térmica absorbida (J o kWh).
- **A** = Área del colector (m<sup>2</sup>).
- **Gt** = Radiación solar incidente en el plano del colector (W/m<sup>2</sup>).
- **H** = Eficiencia térmica del colector, dependiente del diseño y materiales.
- **P** = Pérdidas térmicas por convección y radiación.

El incremento de temperatura del agua dentro del sistema se puede determinar con la ecuación:

**Ecuación 2. De la temperatura del agua**

$$\Delta T = QmCp \quad (2)$$

Donde:

- **m** = Masa de agua (kg).
- **Cp** = Calor específico del agua (aproximadamente 4.18 kJ/kg•°C).

Para obtener una representación más precisa del comportamiento térmico del sistema, es fundamental considerar factores adicionales, como el tipo de colector (plano o de tubos evacuados), los coeficientes de pérdidas térmicas y la inclinación y orientación del colector solar. Estos parámetros influyen en la eficiencia global del sistema y en la cantidad de energía térmica disponible para el usuario final.

### **c) Algoritmos de Aprendizaje Automático para la Predicción de la Temperatura y Disponibilidad de Agua Caliente**

El uso de algoritmos de aprendizaje automático en sistemas de calentamiento solar de agua permite mejorar la precisión en la predicción de la temperatura y disponibilidad del recurso. Para ello, es fundamental contar con un conjunto de datos históricos que permitan entrenar modelos predictivos eficientes. Entre los algoritmos comúnmente utilizados en este contexto, se encuentran los siguientes:

- **Regresión Lineal Múltiple:** Permite establecer relaciones entre múltiples variables climáticas (como la radiación solar y la temperatura ambiente) y la temperatura del agua en el calentador solar.
- **Redes Neuronales Artificiales (ANN, por sus siglas en inglés):** Son modelos de aprendizaje profundo capaces de capturar relaciones no lineales complejas entre las condiciones climáticas y el comportamiento térmico del calentador solar.
- **Random Forest o XGBoost:** Algoritmos basados en árboles de decisión que permiten realizar predicciones a partir de datos históricos. Son especialmente útiles cuando existen múltiples variables de entrada con interacciones no lineales y datos con ruido.

Dentro de la estructura del modelo de aprendizaje automático, se definen las siguientes entradas y salidas:

#### **Entradas:**

- Datos meteorológicos: Radiación solar ( $W/m^2$ ), temperatura ambiente ( $^{\circ}C$ ), velocidad y dirección del viento (m/s), humedad relativa (%) y precipitaciones (mm).

- Características del calentador solar: Tipo de colector, material de absorción, eficiencia térmica y superficie de captación.
- Registros históricos de temperatura: Temperatura inicial y final del agua en días previos.

#### **Salida esperada:**

- Podremos hacer la predicción de la temperatura del agua en un tiempo determinado.
- Estimación de la cantidad de agua caliente disponible en litros a una temperatura específica.

La implementación de estos modelos predictivos en un sistema basado en Internet de las Cosas (IoT) permite optimizar el uso de los calentadores solares, brindando información en tiempo real a los usuarios y mejorando la eficiencia energética del sistema. Además, la integración con sensores inteligentes y plataformas en la nube permite la actualización continua de los modelos, mejorando su precisión y adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas.

#### **d) Simulación y Validación**

Para evaluar la precisión y efectividad del modelo propuesto, se realiza un proceso de simulación y validación en varias etapas.

- **Simulación de escenarios climáticos:** Se generan múltiples escenarios considerando variaciones en la radiación solar, temperatura ambiente, velocidad del viento y otros parámetros meteorológicos que influyen en la eficiencia del calentador solar.
- **Comparación con datos reales:** Los resultados obtenidos en la simulación se contrastan con datos empíricos provenientes de calentadores solares instalados en la región, con el fin de identificar discrepancias y evaluar el desempeño del modelo.
- **Ajuste y optimización del modelo:** En función de las desviaciones observadas entre los valores simulados y los datos reales, se realizan ajustes en los parámetros del modelo, ya sea mediante la recalibración de coeficientes en las ecuaciones físicas o el refinamiento de los algoritmos de aprendizaje automático utilizados.

Para llevar a cabo este proceso, se emplean diversas herramientas de software especializadas:

- **TRNSYS o EnergyPlus:** Programas ampliamente utilizados para la simulación de sistemas térmicos, los cuales permiten modelar el comportamiento de los colectores solares bajo diferentes condiciones ambientales.
- **Python (pandas, scikit-learn, TensorFlow):** Librerías utilizadas para la implementación de modelos de aprendizaje automático y el análisis de datos históricos, facilitando la predicción de la temperatura del agua en función de los factores climáticos.
- **MATLAB:** Software empleado para la resolución de ecuaciones diferenciales y la optimización de la eficiencia térmica del sistema mediante el ajuste de variables como la inclinación del colector y los coeficientes de pérdida térmica.

La combinación de estas herramientas permite una validación robusta del modelo, asegurando que las predicciones de disponibilidad y temperatura del agua caliente sean lo más precisas posible antes de su implementación en un entorno real.

#### **e) Implementación en un Sistema Predictivo en Tiempo Real**

Para lograr una predicción en tiempo real de la temperatura y disponibilidad del agua caliente en el calentador solar, es necesario integrar diversas tecnologías basadas en el IoT y la computación en la nube. El proceso de implementación incluye los siguientes elementos clave:

- **Conexión de sensores IoT:** Se instalarán sensores en el calentador solar para medir variables como la temperatura del agua, el nivel de agua disponible y la radiación solar incidente. Estos datos serán enviados a una plataforma de procesamiento en la nube mediante protocolos de comunicación adecuados, como MQTT o HTTP.
- **Uso de APIs meteorológicas:** Se recopilarán datos meteorológicos en tiempo real a través de servicios como OpenWeatherMap, NASA POWER o el Servicio Meteorológico Nacional. Estos datos permitirán mejorar la precisión del modelo

predictivo, considerando factores externos como la radiación solar, temperatura ambiente, velocidad del viento y nubosidad.

- **Despliegue de modelos en la nube:** Se implementarán algoritmos de aprendizaje automático en plataformas en la nube como Google Cloud, AWS o Azure. Estos modelos procesarán los datos recibidos y generarán predicciones sobre la temperatura y la disponibilidad del agua caliente en el sistema.

Esta plataforma permitirá a los usuarios monitorear en tiempo real la temperatura del agua, recibir alertas de disponibilidad y obtener recomendaciones para un uso más eficiente del calentador solar. La interpretación y uso efectivo de los datos generados por el sistema de monitoreo. En esta capa, los datos recolectados de los sensores de temperatura y nivel de agua se procesan y analizan para ofrecer información detallada y útil sobre el desempeño del calentador solar y el uso del agua en el hogar.

El análisis comienza con el procesamiento de los datos en tiempo real que llegan desde la capa de conectividad. Estos datos incluyen métricas de temperatura del agua y niveles de almacenamiento en el tinaco, que son evaluados en función de patrones de uso y eficiencia energética. A través de algoritmos de análisis, el sistema puede detectar patrones de consumo y predecir el comportamiento del usuario, lo cual permite anticiparse a necesidades específicas y alertar sobre posibles problemas, como un bajo nivel de agua o una caída inusual en la temperatura del calentador solar.

### 3.2.4 Capa de almacenamiento

En esta capa, todos los datos capturados por los sensores de temperatura y nivel de agua en el calentador solar y el tinaco se almacenan de forma segura y organizada. En la estructura de almacenamiento, los datos se registran en colecciones de MongoDB que permiten el acceso rápido y eficiente a información histórica y en tiempo real. Esto facilita el análisis de patrones de consumo y rendimiento a lo largo del tiempo, ya que soporta consultas rápidas y permite agregar nuevos datos sin afectar el rendimiento del sistema lo cual se utilizó un Docker para almacenamiento de la información.

### 3.2.5 Capa de aplicación

En esta capa, se utilizó algunas bibliotecas de JavaScript, que incluye React para la construcción de la interfaz de usuario y Redux para la gestión del estado de manera predecible y eficiente.

Se integran múltiples tecnologías como HTML, CSS y JavaScript, combinadas con React, lo que permite un desarrollo modular, facilitando el montaje, actualización y desmontaje de la aplicación. Además, se utiliza Vite como herramienta de desarrollo para optimizar el rendimiento del frontend, mejorando los tiempos de carga y la experiencia de desarrollo.

Para el diseño y validación de la interfaz de usuario, se emplea la plataforma Figma, permitiendo la creación de prototipos interactivos, pruebas de usabilidad y ajustes iterativos con base en la experiencia del usuario. Esto asegura una navegación intuitiva y una interacción eficiente con la aplicación.

### 3.2.6 Capa de seguridad

Para esta capa se implementó el protocolo HTTPS, que combina HTTP con una capa de cifrado TLS (Transport Layer Security). Este mecanismo permite el intercambio seguro de información entre el cliente y el servidor, asegurando la confidencialidad, integridad y autenticidad de los datos. De esta manera, se previene el acceso no autorizado y se protege la información sensible del usuario, fortaleciendo la seguridad del sistema.

### 3.2.7 Capa de integración

La capa de integración del sistema emplea diversas API para garantizar una comunicación eficiente y en tiempo real. Entre ellas, se utiliza GitHub, que facilita el control de versiones y el alojamiento del código en un entorno centralizado. Esto permite que múltiples colaboradores trabajen simultáneamente en el desarrollo, asegurando un flujo de trabajo estructurado.

Además, GitHub ofrece la posibilidad de revertir cambios en caso de errores, restaurando versiones previas del código de manera sencilla y evitando interrupciones en el desarrollo. Su integración con otras herramientas mejora la colaboración, seguridad y automatización dentro del proyecto, optimizando la implementación del sistema.

## 4. Resultados

La fiabilidad en los productos del Internet de las Cosas (IoT) desempeña un papel crucial al garantizar la disponibilidad y tecnologías subyacentes que supervisen y optimicen el funcionamiento de los dispositivos.

La seguridad y la privacidad son áreas críticas en el IoT, y actualmente se enfrentan a problemas como la ausencia de estándares claros para la distribución de claves entre dispositivos. A pesar de esto, se han desarrollado diversas estrategias para proteger a los usuarios, incluyendo controles de acceso más sólidos en la capa de aplicación. Estas medidas buscan mitigar riesgos asociados con accesos no autorizados y garantizar la integridad de los datos.

La gestión de dispositivos IoT implica conectar miles de millones de dispositivos inteligentes, lo que plantea desafíos significativos en términos de fallas, configuración y seguridad. Una de las principales barreras es la falta de normativas específicas que garanticen la protección y el manejo seguro de los datos. Por lo tanto, establecer marcos regulatorios sólidos es fundamental para respaldar el crecimiento y la adopción del IoT de manera segura.

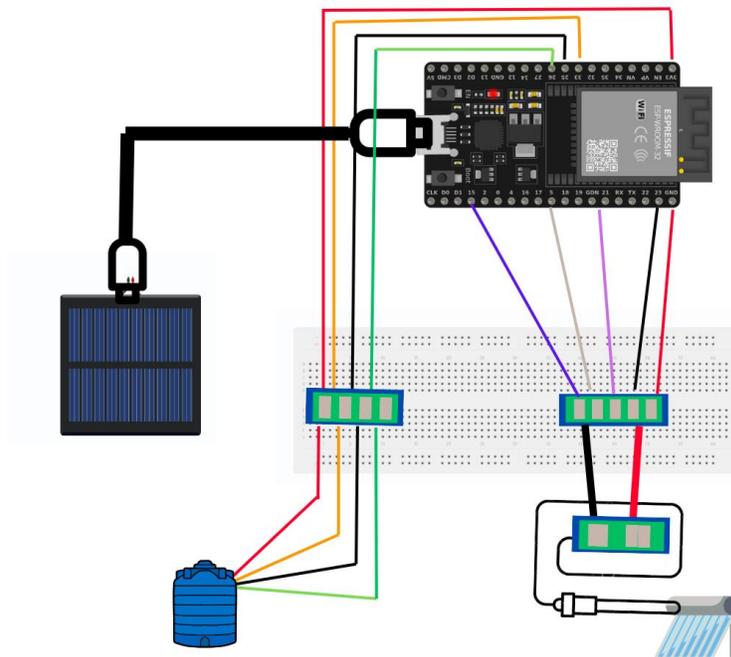
Finalmente, la interoperabilidad se erige como un criterio esencial en el diseño y construcción de servicios IoT. Asegurar que diferentes dispositivos y sistemas puedan trabajar juntos de manera efectiva es clave para satisfacer las diversas necesidades de los usuarios. Esto requiere un enfoque colaborativo entre fabricantes, desarrolladores y reguladores para crear soluciones IoT que sean confiables, seguras y escalables.

## 4.1 Procedimiento de Instalación del Sistema AquaSensolar

La instalación del sistema AquaSensolar requiere una serie de pasos que garantizan su correcto funcionamiento y eficiencia. Este procedimiento abarca desde la colocación de sensores y dispositivos IoT hasta la configuración de la plataforma de monitoreo en la nube.

A continuación, se describen las etapas clave para su implementación, asegurando la integración óptima del sistema con los calentadores solares y la red de datos en tiempo real.

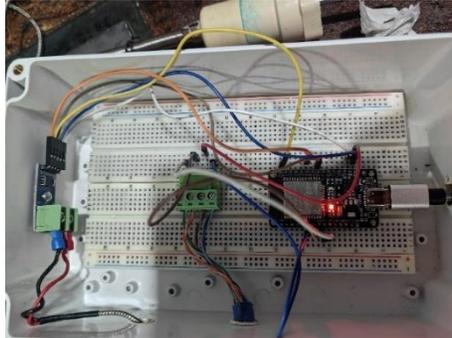
### a) Adquisición del sistema y materiales



**Figura 31.** Circuito de AquaSensolar. Se muestran las conexiones de los diferentes componentes, especificando los puertos correspondientes para conectar cada sensor, así como la fuente de alimentación, que se provee mediante un panel solar. Fuente: Elaboración propia.

Al adquirir el sistema de AquaSensolar tendrá a la mano un ESP32, sensores (termopar tipo K y cable UTP), cables de conexión, una power bank de paneles solares, tornillos, y herramientas básicas para la instalación.

En la figura 32 se muestra el circuito físico del sistema, que ilustra la conexión de los componentes principales y su disposición general. Se observa la integración con la fuente de poder necesaria para el funcionamiento óptimo del sistema



**Figura 32.** Sistema de AquaSensolar con los sensores en una caja de proyectos. Fuente: Elaboración propia.

#### *b) Colocación del termopar tipo k*

La colocación del sensor depende del modelo del calentador solar y debe garantizar un contacto directo con el agua caliente sin modificar su funcionamiento.

Una opción viable es instalarlo en la válvula de lavado, donde se tiene acceso directo al flujo de agua caliente, permitiendo obtener mediciones precisas sin afectar el sistema. En caso de que el calentador solar no cuente con una válvula de lavado, el sensor puede colocarse en el jarro de aire, ya que en este punto también se puede obtener información confiable sobre la temperatura del agua.

Sin embargo, esta ubicación puede requerir ciertas adecuaciones adicionales para garantizar la estabilidad del sensor y la correcta transmisión de datos, la alternativa efectiva es instalar el termopar tipo K en la válvula de drenado del calentador solar, asegurando un contacto directo con el agua caliente.

En cualquier caso, es fundamental que el sensor se coloque de manera precisa y que embone correctamente con los empaques para evitar fugas y garantizar mediciones exactas.

La instalación del sensor en la válvula de lavado del calentador solar se realizó sin seguir las instrucciones adecuadas, lo que resulta en un contacto directo con el agua caliente y no afecta su funcionamiento.



**Figura 33.** Sensor termopar tipo K colocado en la válvula de lavado

### *c) Instalación del sistema de alimentación eléctrica*

Es primordial contar con una fuente de energía confiable para el correcto funcionamiento del sistema AquaSensolar. Por ello, se ha optado por el uso de una power bank, lo que permite que el sistema sea autosustentable y operable incluso en condiciones de baja disponibilidad energética.

Se recomienda fijar la power bank en un lugar cercano al calentador solar, preferiblemente donde reciba luz solar directa durante la mayor parte del día, optimizando así su carga y autonomía. La conexión de la power bank al ESP32 garantizará un suministro de energía constante, permitiendo el monitoreo continuo de los parámetros del sistema.

Es fundamental asegurarse de que todo el sistema esté correctamente cableado y protegido contra factores externos, como la humedad y cambios bruscos de temperatura, para evitar daños y prolongar la vida útil de los componentes electrónicos.

Además, se recomienda implementar mecanismos de seguridad, como fusibles o reguladores de voltaje, para prevenir sobrecargas y asegurar un funcionamiento óptimo del sistema.

Sistema instalado en el calentador solar, mostrando el sensor en su posición, la caja de resguardo del sistema para protegerlo de condiciones externas, y la fuente de energía equipada con paneles solares que permiten la autosustentabilidad del sistema.



**Figura 34.** *AquaSensolar instalado en un calentador solar y con el panel solar*

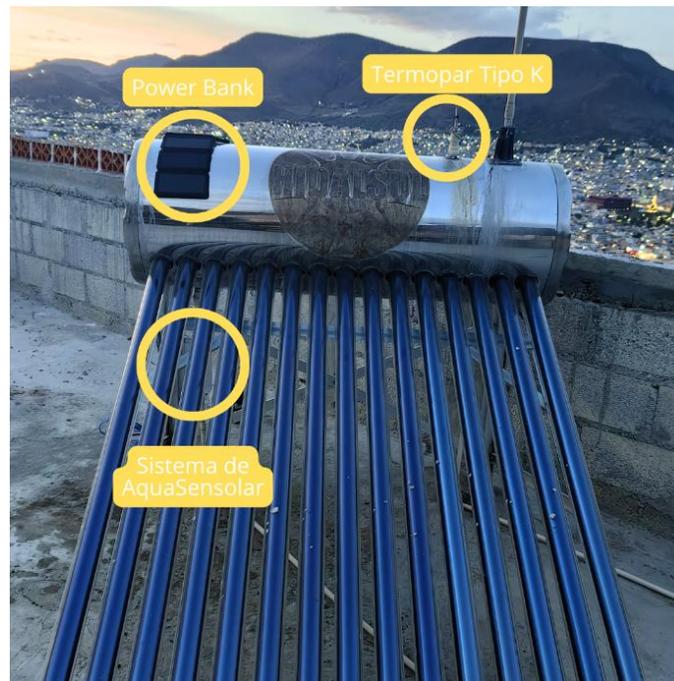
#### ***d) Pruebas de funcionamiento***

Después de instalar correctamente el sistema y colocar los sensores en sus posiciones adecuadas, es fundamental verificar que la transmisión de datos desde el ESP32 hacia la aplicación, a través de la conexión a Internet, se realice de manera precisa y estable.

Para ello, se recomienda realizar pruebas funcionales que permitan confirmar la correcta lectura de los parámetros monitoreados, como la temperatura del agua y el nivel en el tinaco. Estas pruebas deben incluir la comparación de los valores obtenidos con mediciones de referencia, asegurando que las lecturas sean precisas y confiables.

Además, es importante evaluar la estabilidad de la comunicación entre el ESP32 y la aplicación, comprobando que los datos se actualicen en tiempo real sin interrupciones o

errores. En caso de detectar inconsistencias, se recomienda revisar las conexiones, calibrar los sensores y optimizar la configuración del sistema para garantizar su correcto desempeño.



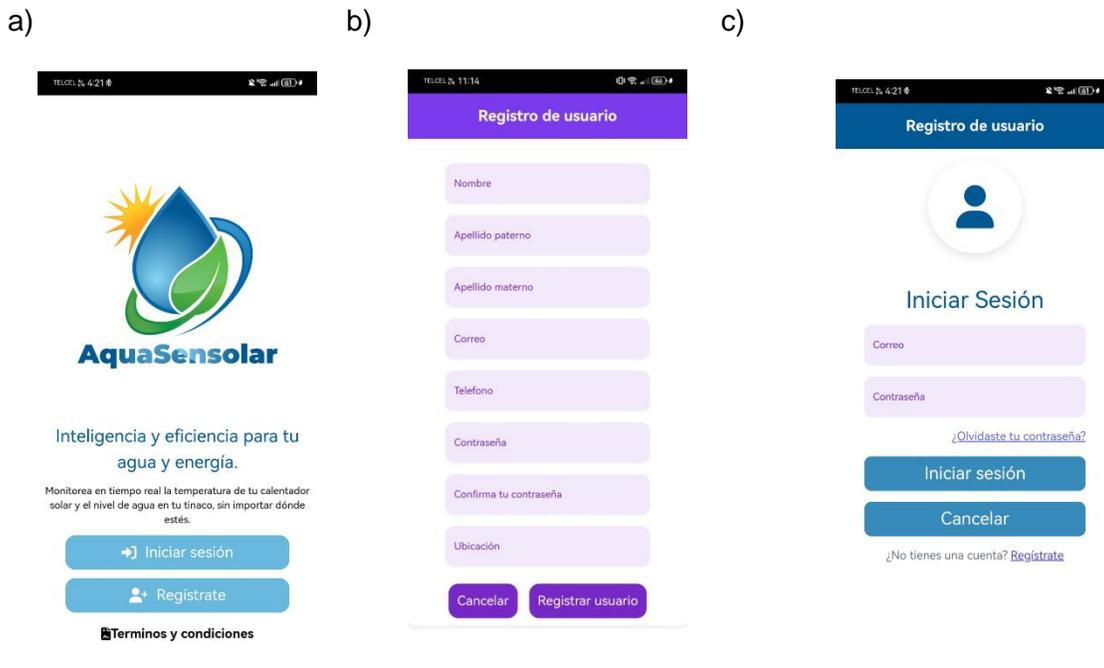
**Figura 35.** El Sistema de AquaSolar instalado

#### *e) Configuración y visualización de datos*

Es fundamental contar con la aplicación instalada en su dispositivo, ya que a través de ella se podrá acceder a la información en tiempo real del sistema. Para su correcto funcionamiento, el usuario debe registrarse e ingresar los datos necesarios para la configuración inicial.

Además, es imprescindible que el ESP32 esté conectado a la red Wi-Fi de la vivienda, permitiendo la transmisión de datos a la nube para su procesamiento y visualización en la aplicación móvil o web.

Una vez configurada, la aplicación deberá recibir y mostrar en tiempo real los parámetros clave del sistema, incluyendo la temperatura del agua en el calentador solar y el nivel en el tinaco.



**Figura 36.** Interface de la pantalla de inicio de AquaSensolar

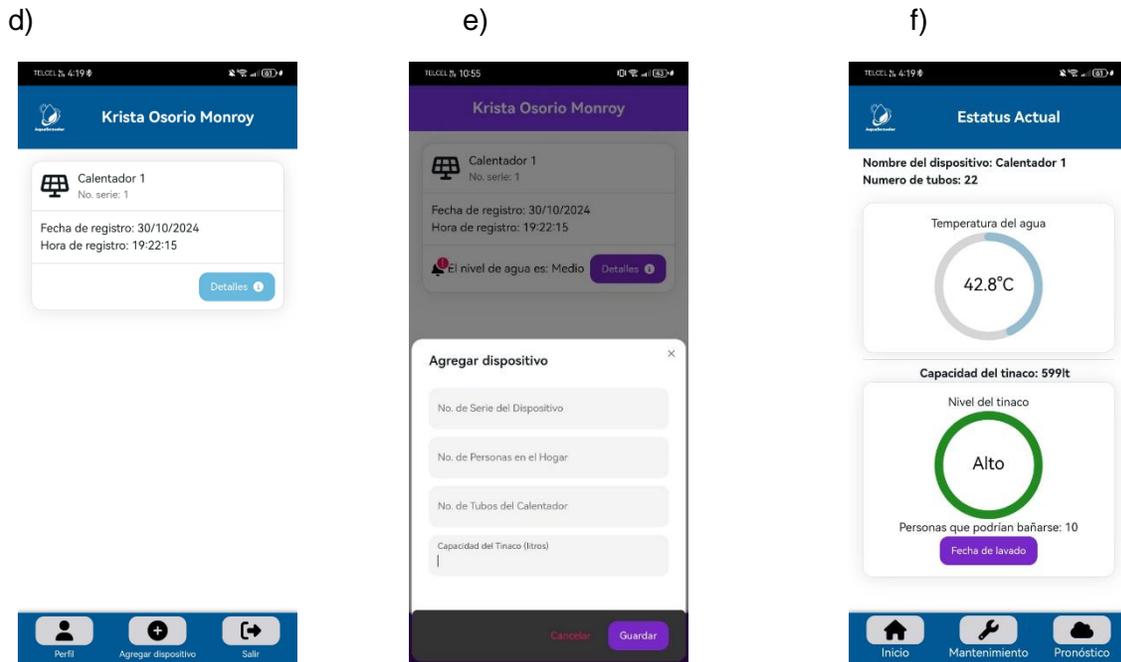
En la figura 36 se compone la parte inicial de la aplicación, en la figura 36a nos muestra la primera parte que permite al usuario acceder mediante dos opciones: "Iniciar sesión" o "Registrarse".

En la figura 36b, se muestra la pantalla de registro, donde el usuario debe ingresar información básica, como su nombre, correo electrónico y una contraseña.

Esta información es esencial para crear una cuenta dentro del sistema. En el figura 36c se observa la pantalla de inicio de sesión, en la que el usuario debe proporcionar su correo electrónico y contraseña previamente registrados para acceder a la aplicación.

Es fundamental definir claramente cada interfaz de la aplicación para asegurar que el usuario pueda identificar qué información necesita revisar, como la detección de fallas en el sistema o en los sensores.

Si se detecta una anomalía, como una fuga o mal funcionamiento, se enviará una notificación para alertar al usuario y permitirle tomar decisiones rápidas.

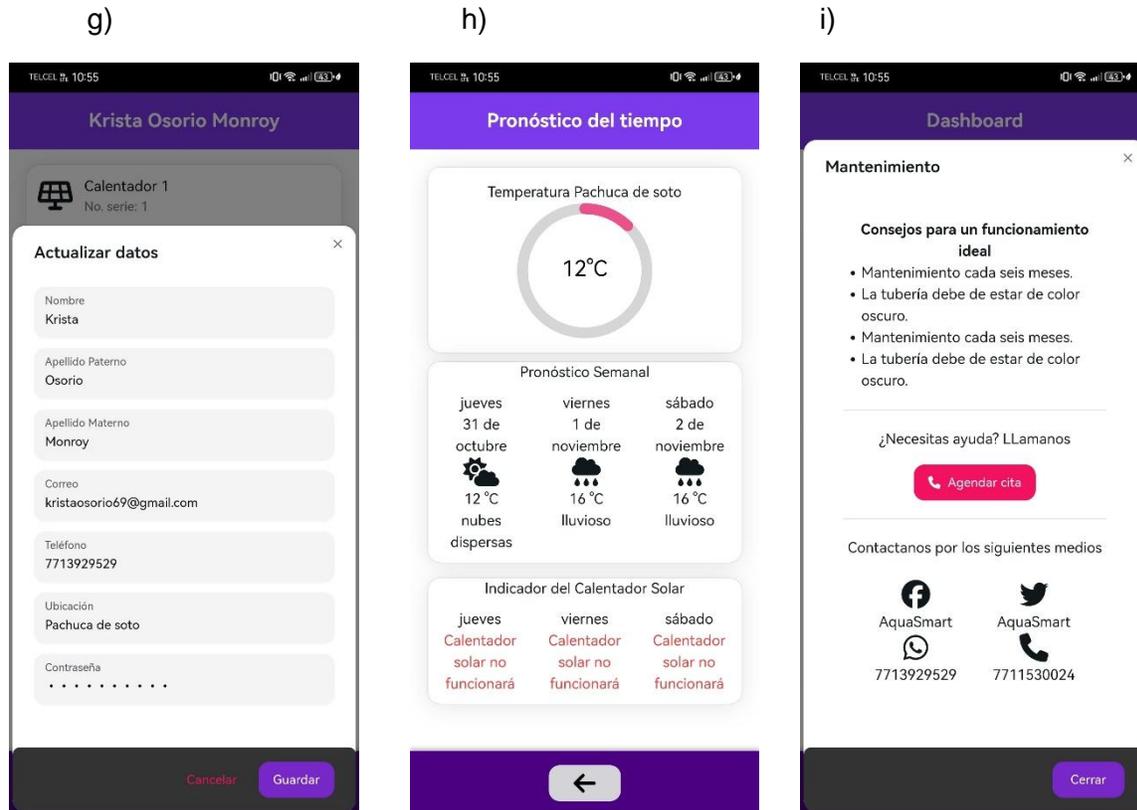


**Figura 37.** Pantallas de la aplicación AquaSensolar, interacción del usuario

En la figura 37 nos muestran las pantallas de la aplicación AquaSensolar donde el usuario hace la interacción con el sistema. En la figura 37d nos muestra un resumen del sistema y alerta sobre el nivel medio del tinaco. En la figura 37e en donde nos permite agregar un dispositivo, solicitando el número de serie, lo cual es crucial para identificar y asociar correctamente el nuevo equipo.

Finalmente, la última figura f en la cual nos proporciona más información detallada la cual tiene dos botones adicionales: el primero tiene la funcionalidad de configurar el sistema y otro para acceder al pronóstico del clima, para optimizar la toma de decisión el cual se utilizó la ecuación (1) y de la ecuación (2) para calcular la información que se muestra para una interpretación mejor.

En la segunda sección de las interfaces, el usuario podrá verificar si el calentador solar funcionará al 100% ese día, validando esta información con la temperatura mostrada en la pantalla. Además, contará con soporte técnico disponible para cualquier consulta.



**Figura 38.** AquaSensolar muestra datos, e información relevante para el usuario

Fuente: Elaboración propia.

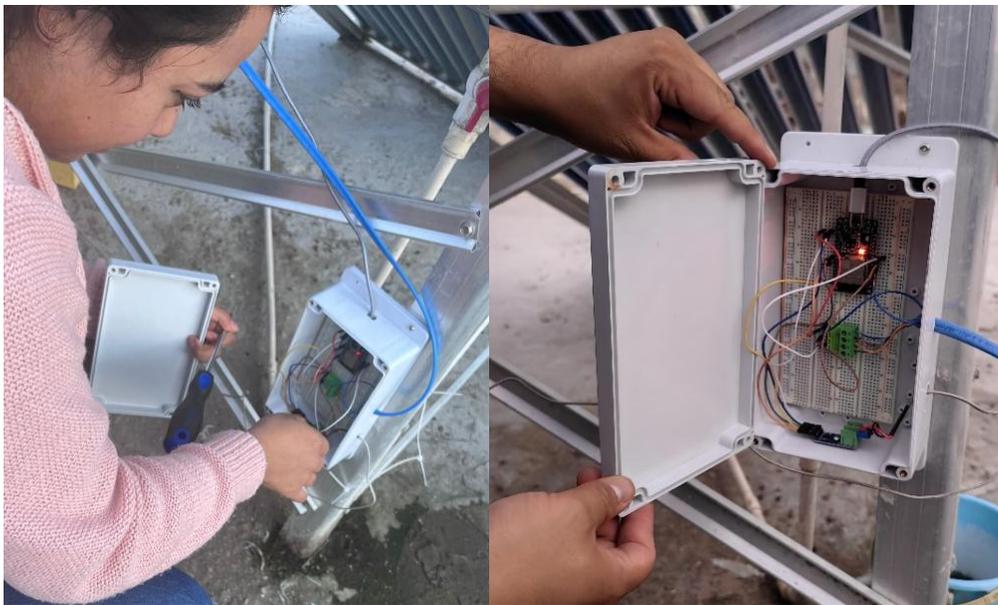
Las pantallas de las figuras g, h y i se describen de la siguiente manera: la primera pantalla incluye la opción de actualizar los datos, permitiendo corregir cualquier error y actualizar automáticamente la información en la base de datos. En la siguiente pantalla, se presenta el pronóstico del clima para los próximos tres días, junto con un indicador en la parte superior que informa si el calentador solar operará al 100% según las condiciones climáticas previstas. Finalmente, la última pantalla muestra una sección de consejos para los usuarios, con la opción de agendar una cita de mantenimiento y acceder a los medios de contacto disponibles para obtener más información.

a) *Revisión final y ajustes*

Revisa que todas las conexiones estén bien aseguradas y que no haya fugas de agua o fallos eléctricos. Ajusta la posición de los paneles solares si es necesario para maximizar la captación de energía. Asegúrate de que el sistema esté completamente operativo y listo para el uso diario. La instalación del sistema AquaSensolar ha sido diseñada para garantizar un proceso eficiente, seguro y funcional, integrando elementos clave de hardware, energía y conectividad. Este procedimiento detalla desde la adquisición de componentes esenciales hasta la configuración final de la aplicación móvil, asegurando la correcta recopilación y visualización de datos en tiempo real.

b) *Colocación del sistema AquaSensolar*

Instala la caja en una orilla del calentador solar, preferiblemente en un lugar donde esté protegida de la exposición directa al agua y al sol extremo. Utiliza tornillos para fijar la caja al soporte del calentador solar, asegurándote de que quede firmemente sujeta.



**Figura 39.** *Instalación del sistema en el calentador solar*

Sistema instalado en el calentador solar, ubicado estratégicamente a un costado de la base para garantizar su funcionalidad y protegerlo de factores externos.

## 5. Discusión

Dentro del desarrollo del sistema AquaSensolar, se identificó que la capacidad de recolectar información en tiempo real puede ofrecer un panorama más completo sobre la distribución y uso de calentadores solares en distintas zonas geográficas. Este enfoque no solo ayuda a identificar áreas con mayor concentración de usuarios y posibles mercados emergentes, sino que también permite evaluar la eficiencia de los calentadores solares en función de su instalación y el estado físico del agua, como su dureza o contenido de minerales.

El sistema AquaSensolar representa un avance relevante en la optimización del consumo de agua y energía, proporcionando a los usuarios herramientas tecnológicas que facilitan el monitoreo y la gestión eficiente de estos recursos. Al ofrecer datos precisos y en tiempo real sobre la temperatura del agua, el nivel del tinaco y las condiciones operativas del calentador solar, el sistema promueve un uso más racional de los recursos hídricos y energéticos, fomentando hábitos sostenibles. Uno de los principales desafíos fue determinar la ubicación ideal para los sensores, lo que inicialmente, se consideró colocarlos en la salida del agua caliente, pero esta configuración requería que el usuario abriera la llave para obtener mediciones precisas, lo que resultaba impráctico. Finalmente, se optó por ubicaciones estratégicas que aseguran lecturas constantes y confiables, maximizando la funcionalidad del sistema sin comprometer su facilidad de uso.

Otro reto importante fue el diseño de un sistema de alimentación energética sostenible. Aunque se evaluó una conexión directa a la red eléctrica, esta opción no era viable en ubicaciones donde no se dispone de enchufes cercanos. Como solución, se integraron paneles solares con un sistema de almacenamiento en un power bank solar, lo cual garantizó una operación continua, incluso durante la noche, cumpliendo con los requerimientos de sostenibilidad y accesibilidad.

El sistema demostró ser efectivo en la reducción del desperdicio de agua al permitir a los usuarios tomar decisiones informadas basadas en datos precisos sobre la disponibilidad y temperatura del agua caliente. Esta funcionalidad optimiza los tiempos de uso del agua y evita el uso innecesario de agua fría, especialmente en zonas con problemas de estrés hídrico. Además, el monitoreo del nivel del tinaco contribuye a una mejor planificación del consumo doméstico, reduciendo riesgos de desabastecimiento. El uso de agua caliente ofrece múltiples beneficios en el hogar, como la eliminación de bacterias y gérmenes, mejorando la higiene

general y facilitando tareas como la limpieza de utensilios y superficies. Según Calorex (2024), el agua caliente resulta especialmente útil para la limpieza de ropa de cama y toallas, ya que elimina ácaros, bacterias y malos olores. Asimismo, en el sector industrial, el agua caliente es clave en procesos como la incubación de huevos, donde se requiere un control preciso de la temperatura y humedad, y la pasteurización, que garantiza la seguridad alimentaria al eliminar microorganismos patógenos (Díaz, Orrego, & Silva, 2015; H2O TEK, 2024).

Además, la implementación de tecnologías basadas en el Internet de las Cosas (IoT) amplifica los beneficios del sistema al permitir el monitoreo en tiempo real de parámetros críticos, optimizando procesos y reduciendo costos operativos. Por ejemplo, en invernaderos, el uso de agua caliente para regular la temperatura del suelo y el aire promueve el desarrollo uniforme de cultivos, mientras que el IoT facilita ajustes automáticos para mantener condiciones óptimas, reduciendo el consumo de energía y las emisiones de carbono (Andes, 2022).

## 6. Conclusiones

El proyecto AquaSensolar se consolida como una solución integral e innovadora para la gestión eficiente del agua y la energía en los hogares, integrando tecnología IoT con un enfoque práctico y sostenible. Este sistema permite optimizar el uso del agua caliente generada por el calentador solar y monitorear el nivel del tinaco en tiempo real, reduciendo el desperdicio de recursos y fomentando hábitos de consumo responsables.

Entre los principales logros del proyecto destaca la superación de desafíos técnicos, como la ubicación estratégica de los sensores y el diseño de un sistema autónomo de energización. La implementación de una batería solar portátil no solo resolvió la limitación de acceso a fuentes de energía convencionales, sino que también se alineó con los objetivos de sustentabilidad, demostrando que es posible integrar tecnologías accesibles y sostenibles.

El sistema también se distingue por su enfoque en la experiencia del usuario mediante una aplicación intuitiva, que presenta datos clave en tiempo real, genera alertas personalizadas y ofrece recomendaciones de mantenimiento. Estas funcionalidades no solo mejoran la eficiencia operativa del sistema, sino que también contribuyen a la mitigación de problemas críticos como el estrés hídrico y el desperdicio energético, ofreciendo un impacto directo en la calidad de vida de los usuarios.

En el futuro, el potencial de AquaSensolar se amplía hacia nuevas aplicaciones, como la recopilación de datos estadísticos que permitan identificar patrones de consumo de agua por zonas, optimizando su gestión en áreas con mayor necesidad. Además, el uso del agua caliente podría extenderse a otros contextos, como la limpieza doméstica, sistemas de calefacción hidrónica o incluso en la climatización de espacios, contribuyendo a la salud y el bienestar al prevenir enfermedades respiratorias asociadas al frío.

## 7. Referencias

- Amazon. (19 de Diciembre de 2024). *Amazon*. Obtenido de <https://www.amazon.com.mx/>
- Andes, L. (29 de Noviembre de 2022). *Esto ocurre si echás agua hirviendo a las plantas del jardín*. Obtenido de [https://www.losandes.com.ar/por-las-redes/esto-ocurre-si-echas-agua-hirviendo-a-las-plantas-del-jardin/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.losandes.com.ar/por-las-redes/esto-ocurre-si-echas-agua-hirviendo-a-las-plantas-del-jardin/?utm_source=chatgpt.com)
- Appmaster. (7 de Diciembre de 2023). *¿Qué es una aplicación WebView y cómo funciona?* Obtenido de <https://appmaster.io/es/blog/que-es-una-aplicacion-de-vista-web>
- Aqua. (s.f.). *Mercado libre*. Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-1400431899-medidor-nivel-de-agua-4-nvls-d-tinaco-cisterna-20m-de-cable-\\_JM#position%3D2%26search\\_layout%3Dgrid%26type%3Ditem%26tracking\\_id%3D9d4f39e6-09f3-4e63-9d72-7d077116b3bc](https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-1400431899-medidor-nivel-de-agua-4-nvls-d-tinaco-cisterna-20m-de-cable-_JM#position%3D2%26search_layout%3Dgrid%26type%3Ditem%26tracking_id%3D9d4f39e6-09f3-4e63-9d72-7d077116b3bc)
- Aron Semle, K. -e. (2016). *Protocolos IIoT para considerar*. AADECA REVISTA.
- Aws. (2023). *¿Qué es la interoperabilidad?* Obtenido de <https://aws.amazon.com/es/what-is/interoperability/>
- azure. (2023). *Guía de protocolos y tecnologías de IoT*. Obtenido de <https://azure.microsoft.com/es-mx/solutions/iot/iot-technology-protocols>
- Azure. (23 de Enero de 2024). *Protocolos y Tecnologías de IoT*. Obtenido de <https://azure.microsoft.com/es-mx/solutions/iot/iot-technology-protocols>
- Barragán, A. (24 de Abril de 2024). *Vite: Revolucionando el desarrollo frontend de la web moderna*. Obtenido de <https://openwebinars.net/blog/vite-desarrollo-frontend/>
- CALOREX. (Enero de 2024). *Calentadores de América*. Obtenido de [https://www.calorex.com.mx/blog/hogar/ventajas-del-agua-caliente-en-la-cocina/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.calorex.com.mx/blog/hogar/ventajas-del-agua-caliente-en-la-cocina/?utm_source=chatgpt.com)
- Carranza, A. O. (2013). Modelo de Sistema MultiAgente ubicuo, adaptativo y sensible al contexto para ofrecer recomendaciones personalizadas de recursos educativos en Cursos Virtuales Adaptativos.
- Cloud, G. (2024). *¿Qué es la computación en la nube?* Obtenido de <https://cloud.google.com/learn/what-is-cloud-computing?hl=es-419>

- Cloudflare. (12 de Enero de 2023). *¿Qué es HTTP?* Obtenido de <https://www.cloudflare.com/es-es/learning/ddos/glossary/hypertext-transfer-protocol-http/>
- Cloudflare. (2023). *¿Qué es la seguridad del IoT? | Seguridad de los dispositivos IoT.* Obtenido de <https://www.cloudflare.com/es-es/learning/security/glossary/iot-security/>
- Colmán, J. J. (2022). Internet de las Cosas . 2.
- Conocimiento. (23 de Octubre de 2023). *Protocolo.* Obtenido de <https://concepto.de/protocolo/>
- Coppola, M. (20 de Enero de 2023). *¿Qué es React y para qué sirve?* Obtenido de <https://blog.hubspot.es/website/que-es-react>
- Data, B. (27 de Diciembre de 2017). *MongoDB Arquitectura y modelo de datos.* Obtenido de [https://sitiobigdata.com/2017/12/27/mongodb-arquitectura-y-modelo-de-datos/#google\\_vignette](https://sitiobigdata.com/2017/12/27/mongodb-arquitectura-y-modelo-de-datos/#google_vignette)
- Deyimar. (29 de Junio de 2023). *Qué es React: definición, características y funcionamiento.* Obtenido de <https://www.hostinger.mx/tutoriales/que-es-react>
- Diana. (19 de Abril de 2023). *Qué es Node.js: Casos de uso comunes y cómo instalarlo.* Obtenido de <https://www.hostinger.mx/tutoriales/que-es-node-js>
- Díaz\*, N. R., Orrego\*, G., & Silva, M. R. (19 de Noviembre de 2015). *Aumento de la Temperatura de Incubación en Huevos de Gallina Araucana (Gallus inauris): Efecto sobre la Mortalidad Embrionaria, Tasa de Eclosión, Peso del Polluelo, Saco Vitelino y de Órganos Internos.* Obtenido de [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-95022016000100009#:~:text=Los%20rangos%20descritos%20de%20temperaturas,5%20%C2%B0C%20\(French\).](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022016000100009#:~:text=Los%20rangos%20descritos%20de%20temperaturas,5%20%C2%B0C%20(French).)
- Digi. (2024). *Las 4 etapas de la arquitectura IoT.* Obtenido de <https://es.digi.com/blog/post/the-4-stages-of-iot-architecture#:~:text=IoT%20La%20arquitectura%20del%20sistema,su%20procesamiento%2C%20an%C3%A1lisis%20y%20almacenamiento>
- Docker. (25 de Marzo de 2024). *Develop faster.* Obtenido de <https://www.docker.com/>
- Electronics, T. (s.f.). *Talos Electronics.* Obtenido de <https://www.taloselectronics.com/products/kit-de-16-sensores-para-arduino-y-raspberry>

- Erickson, J. (4 de Abril de 2024). *¿Qué es JSON?* Obtenido de <https://www.oracle.com/mx/database/what-is-json/>
- Evans, D. (Abril de 2011). *Internet of Things*. Obtenido de [https://media.telefonicatech.com/telefonicatech/uploads/2021/1/126528\\_Internet\\_of\\_Things\\_IoT\\_IBSG\\_0411FINAL.pdf](https://media.telefonicatech.com/telefonicatech/uploads/2021/1/126528_Internet_of_Things_IoT_IBSG_0411FINAL.pdf)
- Figma. (s.f.). Obtenido de <https://www.figma.com/es-la/>
- Figma. (12 de Enero de 2024). Obtenido de <https://www.figma.com/es-la/design/>
- fortinet. (2023). *¿Qué es la seguridad del IoT (internet de las cosas)?* Obtenido de <https://www.fortinet.com/lat/resources/cyberglossary/iot-security#:~:text=La%20seguridad%20en%20IoT%20es,que%20pueden%20representar%20riesgos%20de>
- Freepik. (20 de Noviembre de 2024). *Freepik*. Obtenido de <https://www.freepik.es/>
- Garcés, G. (7 de Enero de 2022). *Ventajas de usar Figma como herramienta de diseño UI*. Obtenido de <https://www.hiberus.com/crecemos-contigo/ventajas-de-usar-figma-como-herramienta-de-diseno-ui/>
- Gateway, I. (s.f.). *IoT GATEWAY*. Obtenido de [https://www.industrialinterface.co.uk/productdatasheets/38\\_iis-iotgateway-v1.pdf](https://www.industrialinterface.co.uk/productdatasheets/38_iis-iotgateway-v1.pdf)
- H2O TEK, S. d. (20 de Noviembre de 2024). *Usos industriales de los calentadores solares*. Obtenido de [https://h2otek.com/tienda/usos-industriales-de-los-calentadores-solares/?utm\\_source=chatgpt.com](https://h2otek.com/tienda/usos-industriales-de-los-calentadores-solares/?utm_source=chatgpt.com)
- Hat, R. (20 de Enero de 2023). *¿Qué es Docker y cómo funciona?* Obtenido de <https://www.redhat.com/es/topics/containers/what-is-docker>
- Hat, R. (20 de Enero de 2023). *¿Qué es Docker y cómo funciona?* Obtenido de <https://www.redhat.com/es/topics/containers/what-is-docker>
- HTTP. (11 de Septiembre de 2022). *CAPÍTULO 5: PROTOCOLO HTTP*. Obtenido de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/11214/fichero/TOMO+I%252F05+Capitulo+5+Protocolo+HTTP.pdf>
- Huawei. (1 de Mayo de 2021). *La computación en la nube y su relación con el Internet de las Cosas*. Obtenido de <https://forum.huawei.com/enterprise/es/La-computaci%C3%B3n-en-la-nube-y-su-relaci%C3%B3n-con-el-Internet-de-las-Cosas/thread/667224498274975744-667212887476809728>
- IDAE. (13 de Abril de 2023). *Domótica*. Obtenido de <https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/domotica>

- INCIBE. (21 de Septiembre de 2023). *Análisis de firmware en dispositivos industriales*. Obtenido de <https://www.incibe.es/incibe-cert/blog/analisis-de-firmware-en-dispositivos-industriales#:~:text=Un%20firmware%20se%20define%20como,las%20funciones%20b%C3%A1sicas%20del%20mismo.>
- INEGI. (15 de Mayo de 2024). *ESTADÍSTICAS A PROPÓSITO DEL DÍA MUNDIAL DEL INTERNET*. Obtenido de [https://inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2024/EAP\\_DMInternet.pdf](https://inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2024/EAP_DMInternet.pdf)
- Javatpoint. (10 de Octubre de 2022). *Arquitectura IoT*. Obtenido de <https://forum.huawei.com/enterprise/es/arquitectura-iot/thread/667228527742828544-667212887883657216>
- Jordi Salazar, S. S. (2023). *Internet de las cosas*. Obtenido de [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100921/LM08\\_R\\_ES.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100921/LM08_R_ES.pdf)
- Jose Daniel Barría Reyes, A. C. (15 de Agosto de 2021). *Qué es el protocolo HTTP y cómo funciona*. Obtenido de <https://platzi.com/clases/1638-api-rest/21614-que-es-y-como-funciona-el-protocolo-http/>
- kinsta. (6 de Marzo de 2025). *Qué es Node.js y por qué debería usarlo*. Obtenido de <https://kinsta.com/es/base-de-conocimiento/que-es-node-js/>
- Luisa Adame, B. C. (01 de Abril de 2024). *Estrés hídrico y sus principales causas en México*. Obtenido de [https://www.bmv.com.mx/docs-pub/eventoca/eventoca\\_1359188\\_2.pdf](https://www.bmv.com.mx/docs-pub/eventoca/eventoca_1359188_2.pdf)
- master. (2024). *CALENTADORES SOLARES*. Obtenido de [https://master.com.mx/collections/calentadores-solares?srsltid=AfmBOoqObW-57HwCxp01wVJLixGD4JFBAj7n\\_PGke06O9O2lxOdHHkoC](https://master.com.mx/collections/calentadores-solares?srsltid=AfmBOoqObW-57HwCxp01wVJLixGD4JFBAj7n_PGke06O9O2lxOdHHkoC)
- Master. (s.f.). *Dispositivo Inteligente con Sensor de Nivel de Agua en Tinacos y Cisternas de hasta 5m*. Obtenido de <https://master.com.mx/products/dispositivo-inteligente-con-sensor-para-monitoreo-de-nivel-de-agua-en-tinacos-y-cisternas-usalo-facilmente-desde-su-app-con-tu-celular-es-compatible-con-alexa-iot-water-iot-waterp>
- Mercadolibre. (19 de Septiembre de 2024). *Mercado libre*. Obtenido de <https://www.mercadolibre.com.mx/>

- Microsoft. (Enero de 2023). *¿Qué es la nube?* Obtenido de <https://azure.microsoft.com/es-es/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-the-cloud/>
- MongoDB. (2024). *¿Qué es MongoDB?* Obtenido de <https://www.mongodb.com/es/company/what-is-mongodb>
- MongoDB. (2024). *¿Qué es MongoDB?* Obtenido de <https://www.mongodb.com/es/company/what-is-mongodb>
- Mota, E. (20 de Junio de 2020). Obtenido de <https://www.azulweb.net/10-bibliotecas-javascript-de-codigo-abierto-para-desarrolladores-web/>
- MQTT. (2024). *MQTT: el estándar para mensajería de IoT.* Obtenido de <https://mqtt.org/>
- Neto, A. (23 de Agosto de 2023). *¿Qué es una plataforma de integración?* Obtenido de <https://www.connecting-software.com/es/blog/what-is-an-integration-platform/>
- Platformio. (s.f.). *Su puerta de entrada a la excelencia en el desarrollo de software integrado.* Obtenido de <https://platformio.org/>
- Platzi. (12 de Septiembre de 2022). *¿Qué es Vite?* Obtenido de [https://platzi.com/clases/3216-vitejs/50416-que-es-vite/?utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=21801699056&utm\\_adgroup=&utm\\_content=&&gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjwyfe4BhAWEiwAkIL8sMNMKVGucZiBogdC\\_59hYKEsQ9uXsAWie0MW6ZKNpozoqOSBMFePxoC8TEQAvD\\_BwE&gc](https://platzi.com/clases/3216-vitejs/50416-que-es-vite/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=21801699056&utm_adgroup=&utm_content=&&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwyfe4BhAWEiwAkIL8sMNMKVGucZiBogdC_59hYKEsQ9uXsAWie0MW6ZKNpozoqOSBMFePxoC8TEQAvD_BwE&gc)
- Profecologico. (1 de Enero de 2022). *Mejores Calentadores Solares México 2024.* Obtenido de <https://profecologico.com/2022/01/01/mejores-calentadores-solares/>
- Propia. (s.f.).
- Ríos, J. (11 de Septiembre de 2024). *Por qué usar agua caliente en la lavadora y con qué tipo de ropa es ideal.* Obtenido de Infobae: [https://www.infobae.com/tecno/2024/09/11/por-que-usar-agua-caliente-en-la-lavadora-y-con-que-tipo-de-ropa-es-ideal/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.infobae.com/tecno/2024/09/11/por-que-usar-agua-caliente-en-la-lavadora-y-con-que-tipo-de-ropa-es-ideal/?utm_source=chatgpt.com)
- ryanwinter, t. (10 de Abril de 2024). *Introducción sobre los tipos de dispositivo de Azure IoT.* Obtenido de <https://learn.microsoft.com/es-es/azure/iot/concepts-iot-device-types>

- SALAZAR, J., & SILVESTRE, S. (s.f.). *Internet de las Cosas . České vysoké učení technické v Praze*, 34.
- Santander. (15 de Marzo de 2022). *Wearables: ¿qué son y para qué se utilizan?* Obtenido de <https://www.santander.com/es/stories/wearables-que-son-y-para-que-se-utilizan>
- selisar. (2023). *Productos* . Obtenido de <https://www.selisar.com>
- Sensor, C. (23 de Marzo de 2023). *¿Cuál es la diferencia entre el sensor analógico y el sensor digital??* Obtenido de <https://cfsensor.com/es/difference-between-analog-sensor-and-digital-sensor/>
- SENSOR, C. (23 de MARZO de 2023). *¿Cuál es la diferencia entre el sensor analógico y el sensor digital??* Obtenido de <https://cfsensor.com/es/difference-between-analog-sensor-and-digital-sensor/>
- sigmaelectronica. (05 de OCTubre de 2022). *Modulos MCU ESP32-WROOM-32*. Obtenido de <https://www.sigmaelectronica.net/producto/esp32-wroom-32d/>
- Strategy, T. (s.f.). *El Internet de las cosas (IoT): El Futuro Conectado*. Obtenido de <https://ts4.mx/blog/el-internet-de-las-cosas-iot-el-futuro-conectado/#:~:text=Se%20espera%20que%20los%20ingresos,del%2012.1%25%20hasta%20el%202025.>
- Toyos, S. (10 de Octubre de 2018). *Las 9 aplicaciones más importantes del Internet de las Cosas (IoT)*. Obtenido de Fracttal: <https://www.fracttal.com/es/blog/9-aplicaciones-importantes-iot>
- Unidas, N. (13 de Agosto de 2024). *Acción por el clima* . Obtenido de <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-renewable-energy>
- V. Cardozo, F. F. (2005). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CALENTADOR SOLAR DIDÁCTICO . *REVISTA COLOMBIANA DE FÍSICA*, VOL. 37, No. 2. 2005, 339. Obtenido de <https://materialesecologicos.es/tag/efecto-termosifon/>
- Zeilis Eugenia Rivera-Pérez, M. J.-G.-R. (19 de Junio de 2020). *Estimación y hábitos del consumo de agua para fines domésticos en una zona residencial de San Cristóbal, Venezuela*. Obtenido de <http://lunazul.ucaldas.edu.co/index.php/english-version/91-coleccion-articulos-espanol/360-estimacion-y-habitos-del-consumo-de-agua>
- Zpedia. (23 de Septiembre de 2023). *¿Qué es la seguridad de IoT?* Obtenido de <https://www.zscaler.com.mx/zpedia/what-iot-security>

## **8. Anexos**

Anexo A. Código en Arduino para los sensores

```
#include <WiFi.h> // Incluye la librería WiFi para el ESP32
```

```

#include <HTTPClient.h> // Incluye la librería HTTPClient para realizar peticiones
HTTP

#include <max6675.h>      // Biblioteca para el sensor de temperatura MAX6675

// Configuración de la red WiFi
const char* ssid = "IZZI-33C1";
const char* password = "2C00AB2033C1";

// Configuración del servidor y datos
const char* serverUrl = "http://200.34.44.163:5001/api/data";

// Definir los pines del sensor de temperatura
int thermoDO = 19;      // Pin de datos del MAX6675
int thermoCS = 23;      // Pin de selección del chip del MAX6675
int thermoCLK = 5;      // Pin de reloj del MAX6675
int sensorPinHigh = 33; // Pin del sensor de nivel alto
int sensorPinMedium = 26; // Pin del sensor de nivel medio
int sensorPinLow = 25;  // Pin del sensor de nivel bajo

// Instanciar el sensor de temperatura
MAX6675 thermocouple(thermoCLK, thermoCS, thermoDO);

// Variables para almacenar datos
String tankLevel; // Variable para almacenar el nivel del tanque
float tempC;      // Variable para almacenar la temperatura en grados Celsius
float tempF;      // Variable para almacenar la temperatura en grados Fahrenheit
void setup() {
  Serial.begin(115200); // Inicia la comunicación serial
  WiFi.begin(ssid, password); // Inicia la conexión a la red WiFi

  Serial.print("Conectando a WiFi...");
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) { // Espera a que el ESP32 se conecte

```

```

    delay(500);
    Serial.print(".");
}
Serial.println("\nConectado a la red WiFi");
Serial.print("Dirección IP: ");
Serial.println(WiFi.localIP()); // Muestra la IP asignada
}

void loop() {
    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) { // Verifica que el ESP32 siga conectado a WiFi
        HTTPClient http;
        http.begin(serverUrl); // Inicia la conexión a la URL
        http.addHeader("Content-Type", "application/json"); // Especifica que se enviará JSON
        ///////////valores de los sensores
        // Configurar los pines de los sensores de nivel
        pinMode(sensorPinHigh, INPUT);
        pinMode(sensorPinMedium, INPUT);
        pinMode(sensorPinLow, INPUT);
        // Leer la temperatura
        tempC = thermocouple.readCelsius();
        tempF = thermocouple.readFahrenheit();

        // Leer el estado de los sensores de nivel
        bool highLevel = digitalRead(sensorPinHigh);
        bool mediumLevel = digitalRead(sensorPinMedium);
        bool lowLevel = digitalRead(sensorPinLow);
        // Determinar el nivel del tanque

```

```

if (highLevel) {
    tankLevel = "Alto";
} else if (mediumLevel) {
    tankLevel = "Medio";
} else if (lowLevel) {
    tankLevel = "Bajo";
} else {
    tankLevel = "Desconocido";
}

//// Fin de los valores de los sensores
// Crea el JSON a enviar de prueba
//String jsonData = "{\"temperatura\":23, \"nivelAgua\":\"Casi lleno\",
\"idDispositivo\":1}";
Serial.println(String(tempC));
Serial.println(String(tempF));
String jsonData = "{\"temperatura\":\"" + String(tempC) +
    ", \"nivelAgua\":\"" + tankLevel +
    "\", \"idDispositivo\":1}";
// Realiza la petición POST
int httpResponseCode = http.POST(jsonData);

if (httpResponseCode > 0) {
    String response = http.getString(); // Obtiene la respuesta del servidor
    Serial.print("Código de respuesta: ");
    Serial.println(httpResponseCode);
    Serial.print("Respuesta del servidor: ");
    Serial.println(response);
}

```

```
} else {  
  Serial.print("Error al enviar la petición. Código de error: ");  
  Serial.println(httpResponseCode);  
}  
http.end(); // Termina la conexión  
} else {  
  Serial.println("Conexión WiFi perdida, intentando reconectar...");  
  WiFi.reconnect();  
}  
delay(50000); // Espera 50 segundos antes de enviar otra petición  
}
```

## Anexo B. Código de desarrollo de la aplicación

```

const bodyParser = require('body-parser');
const express = require('express');
const mongoose = require('mongoose');
const cors = require('cors');
const dayjs = require('dayjs');const axios = require('axios');
//configuracion a mongo
const app = express()
app.use(cors());
app.use(bodyParser.json());
// Conexión a MongoDB
const uri =
'mongodb://admin1:T3mp0r4l.@200.34.44.163:27018/qsmart?authSource=admin';
mongoose.connect(uri)
  .then(() => console.log('Conectado a MongoDB'))
  .catch(err => console.error('Error al conectar a MongoDB:', err));
// Definición del esquema y modelo
const ahora = new Date();
const fecha = dayjs();
const SensorSchema = new mongoose.Schema({
  temperatura: Number,
  nivelAgua: String,
  idDispositivo: Number,
  date: Date,
  hora: String
});
const SensorData = mongoose.model('sensorDatos', SensorSchema); // Nombre de
la colección

```

```
const UsuarioSchema = new mongoose.Schema({
  nombre: String,
  apellidoPaterno: String,
  apellidoMaterno: String,
  correo: String,
  telefono: Number,
  contraseña: String,
  ubicacion: String,
  date: Date,
  hora: String
});

const UsuarioData = mongoose.model('usuarios', UsuarioSchema); // Nombre de la
colección

const SensorInventarioSchema = new mongoose.Schema({
  nombre_dispositivo: String,
  numero_serie: String,
  versionDispositivo: String,
  idDispositivo: Number,
  date: Date,
  hora: String
});

const SensorInventarioData = mongoose.model('inventario',
SensorInventarioSchema); // Nombre de la colección

const usuarioDispositivoSchema = new mongoose.Schema({
  idUsuario: String,
  numero_serie: String,
  nombre_dispositivo: String,
  noPersonasHogar: Number,
```

```

noTubosCalentadore:Number,
capacidadTinaco:Number,
idDispositivo: Number,
date: Date,
hora: String
});

const UsuarioDispositivoData = mongoose.model('usuarioDispositivo',
usuarioDispositivoSchema); // Nombre de la colección

app.post('/api/data', async (req, res) => {
  try {
    const moment = require('moment-timezone');
    // Obtener la fecha y hora en la zona horaria específica
    const fechaConZonaHoraria = moment.tz(new Date(), 'America/Mexico_City');
    // Extraer las horas, minutos y segundos
    const horas = fechaConZonaHoraria.format('HH');
    const minutos = fechaConZonaHoraria.format('mm');
    const segundos = fechaConZonaHoraria.format('ss');
    // Formatear la hora como "HH:mm:ss"
    const horaFormateada = `${horas}:${minutos}:${segundos}`;
    const { temperatura, nivelAgua, idDispositivo } = req.body;
    const sensorData = new SensorData({ temperatura, nivelAgua, idDispositivo,
date: fecha.format("YYYY-MM-DD"), hora: horaFormateada });
    await sensorData.save();
    res.status(201).json({ message: 'Datos guardados correctamente' });
  } catch (error) {
    res.status(500).json({ error: 'Error al guardar los datos' });
    console.log(error);
  }
}

```

```

});
app.post('/api/usuario', async (req, res) => {
  try {
    const moment = require('moment-timezone');
    // Obtener la fecha y hora en la zona horaria específica
    const fechaConZonaHoraria = moment.tz(new Date(), 'America/Mexico_City');
    // Extraer las horas, minutos y segundos
    const horas = fechaConZonaHoraria.format('HH');
    const minutos = fechaConZonaHoraria.format('mm');
    const segundos = fechaConZonaHoraria.format('ss');
    // Formatear la hora como "HH:mm:ss"
    const horaFormateada = `${horas}:${minutos}:${segundos}`;
    const { nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, correo, telefono, contrasena,
    ubicacion } = req.body;
    const usuarioData = new UsuarioData({ nombre, apellidoPaterno,
    apellidoMaterno, correo, telefono, contrasena, ubicacion, date: fecha.format("YYYY-
    MM-DD"), hora: horaFormateada });
    await usuarioData.save();
    res.status(201).json({ message: 'Datos guardados correctamente' });
  } catch (error) {
    res.status(500).json({ error: 'Error al guardar los datos' });
    console.log(error);
  }
});
app.post('/api/inventario', async (req, res) => {
  try {
    const moment = require('moment-timezone');
    // Obtener la fecha y hora en la zona horaria específica

```

```

const fechaConZonaHoraria = moment.tz(new Date(), 'America/Mexico_City');
// Extraer las horas, minutos y segundos
const horas = fechaConZonaHoraria.format('HH');
const minutos = fechaConZonaHoraria.format('mm');
const segundos = fechaConZonaHoraria.format('ss');
// Formatear la hora como "HH:mm:ss"
const horaFormateada = `${horas}:${minutos}:${segundos}`;

const { nombre_dispositivo, numero_serie, versionDispositivo, idDispositivo } =
req.body;

const sensorInventarioData = new SensorInventarioData({ nombre_dispositivo,
numero_serie, versionDispositivo, idDispositivo, date: fecha.format("YYYY-MM-DD"),
hora: horaFormateada });

await sensorInventarioData.save();

res.status(201).json({ message: 'Datos guardados correctamente' });
} catch (error) {
res.status(500).json({ error: 'Error al guardar los datos' });
console.log(error);
}
});
// Ruta para el login
app.post('/api/login', async (req, res) => {
try {
const { correo, contraseña } = req.body;
const user = await UsuarioData.findOne({ correo, contraseña });
if (user) {
res.status(200).json({ message: 'success', nombre: user.nombre, idUsuario:
user._id });
} else {

```

```

        res.status(401).json({ error: 'Usuario o contraseña incorrectos', message:
'error', status: 401 });
    }
} catch (error) {
    res.status(500).json({ error: 'Error al procesar la solicitud' });
    console.log(error);
}
});
app.post('/api/usuarioDispositivo', async (req, res) => {
    try {
        const moment = require('moment-timezone');
        // Obtener la fecha y hora en la zona horaria específica
        const fechaConZonaHoraria = moment.tz(new Date(), 'America/Mexico_City');
        // Extraer las horas, minutos y segundos
        const horas = fechaConZonaHoraria.format('HH');
        const minutos = fechaConZonaHoraria.format('mm');
        const segundos = fechaConZonaHoraria.format('ss');
        // Formatear la hora como "HH:mm:ss"
        const horaFormateada = `${horas}:${minutos}:${segundos}`;
        const { idUsuario, numero_serie, noPersonasHogar, noTubosCalentadore,
capacidadTinaco } = req.body;
        const dispositivo = await SensorInventarioData.findOne({ numero_serie });
        let nombre_dispositivo = dispositivo.nombre_dispositivo;
        let idDispositivo = dispositivo.idDispositivo;
        const usuarioDispositivo = new UsuarioDispositivoData({ idUsuario,
numero_serie, nombre_dispositivo, noPersonasHogar, noTubosCalentadore,
capacidadTinaco, idDispositivo, date: fecha.format("YYYY-MM-DD"), hora:
horaFormateada });
        await usuarioDispositivo.save();
    }
}
});

```

```
    res.status(201).json({ message: 'Datos guardados correctamente', status: 201 });
  } catch (error) {
    res.status(500).json({ error: 'Error al guardar los datos', message: 'error', status:
500 });
    console.log(error);
  }
});
app.post('/api/usuarioDispositivoData', async (req, res) => {
  try {
    const { idUsuario } = req.body;
    const dispositivos = await UsuarioDispositivoData.find({ idUsuario });
    res.status(200).json({ dispositivos });
  } catch (error) {
    res.status(500).json({ error: 'Error al procesar la solicitud', message: 'error',
status: 500 });
    console.log(error);
  }
});
app.post('/api/sensorData', async (req, res) => {
  try {
    const { idDispositivo } = req.body;
    //const sensorData = await SensorData.find({ idDispositivo });
    const sensorData = await SensorData.findOne({ idDispositivo }).sort({ _id: -1 });
    res.status(200).json({ sensorData });
  } catch (error) {
    res.status(500).json({ error: 'Error al procesar la solicitud', message: 'error',
status: 500 });
    console.log(error);
  }
});
```

```

    }
  });
  app.post('/api/promedio', async (req, res) => {
    try {
      const { idDispositivo } = req.body;
      const sensorData = await SensorData.find({ idDispositivo });
      let promedio = 0;
      let total = 0;
      let contador = 0;
      sensorData.forEach((element) => {
        total += element.temperatura;
        contador += 1;
      });
      promedio = total / contador;
      //promedio del nivel de agua
      let promedioNivelAgua = 0;
      let totalNivelAgua = 0;
      let contadorNivelAgua = 0;
      const nivelAguaMap = { 'Alto': 3, 'Medio': 2, 'Bajo': 1 };
      sensorData.forEach((element) => {
        totalNivelAgua += nivelAguaMap[element.nivelAgua] || 0;
        contadorNivelAgua += 1;
      });
      promedioNivelAgua = totalNivelAgua / contadorNivelAgua;
      let promedioNivelAguaTexto = 'Bajo';
      if (promedioNivelAgua >= 2.5) {
        promedioNivelAguaTexto = 'Alto';
      }
    }
  });
}

```

```

    } else if (promedioNivelAgua >= 1.5) {
        promedioNivelAguaTexto = 'Medio';
    }

    res.status(200).json({ promedioTemperatura: promedio, promedioNivelAgua:
promedioNivelAguaTexto });

    //res.status(200).json({ promedioTemperatura:promedio,
promedioNivelAgua:promedioNivelAgua });

    } catch (error) {

        res.status(500).json({ error: 'Error al procesar la solicitud', message: 'error',
status: 500 });

        console.log(error);

    }
});

app.post('/api/usuarioActualizarDatos', async (req, res) => {

    try {

        const {idUsuario ,nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, correo, telefono,
contrasena, ubicacion } = req.body;

        const user = await UsuarioData.findById(idUsuario);

        user.nombre = nombre;

        user.correo = correo;

        user.apellidoPaterno = apellidoPaterno;

        user.apellidoMaterno = apellidoMaterno;

        user.telefono = telefono;

        user.ubicacion = ubicacion;

        user.contrasena = contrasena;

        user.save();

        res.status(200).json({ message: 'Datos actualizados correctamente' });
    }
}

```

```

    } catch (error) {
        res.status(500).json({ error: 'Error al procesar la solicitud', message: 'error',
status: 500 });
        console
    }
});
app.post('/api/usuarioConsularDatos', async (req, res) => {
    try {
        const { idUsuario } = req.body;
        const user = await UsuarioData.findById(idUsuario);
        res.status(200).json({ user });
    } catch (error) {
        res.status(500).json({ error: 'Error al procesar la solicitud', message: 'error',
status: 500 });
        console.log(error);
    }
});
app.post('/api/usuarioDispositivoConsultar', async (req, res) => {
    try {
        const { idDispositivo } = req.body;
        const dispositivo = await SensorInventarioData.findOne({ idDispositivo });
        res.status(200).json({ dispositivo });
    } catch (error) {
        res.status(500).json({ error: 'Error al procesar la solicitud', message: 'error',
status: 500 });
        console.log(error);
    }
});

```

```

app.post('/api/usuarioDispositivoDatosConsultar', async (req, res) => {
  try {
    const { idDispositivo } = req.body;
    const dispositivo = await UsuarioDispositivoData.findOne({ idDispositivo });
    res.status(200).json({ dispositivo });
  } catch (error) {
    res.status(500).json({ error: 'Error al procesar la solicitud', message: 'error',
status: 500 });
    console.log(error);
  }
});
app.post('/api/climaDay', async (req, res) => {
  const ciudad = req.body.ubicacion;
  const apiKey = '2769474ff4c07ecfbc33116e6a6db3b8';
  // Ciudad que deseas consultar
  //const ciudad = 'Ciudad de México';
  // URL de la API para obtener el clima
  const url =
`http://api.openweathermap.org/data/2.5/weather?q=${ciudad}&appid=${apiKey}&units=metric`;
  try {
    // Solicitud a la API
    const response = await axios.get(url);
    const data = response.data;
    // Enviar la respuesta al cliente
    res.json({
      ciudad: ciudad,
      temperatura: data.main.temp,

```

```

        descripcion: data.weather[0].description,
    });
} catch (error) {
    console.log('Error al obtener el clima:', error);
    // Enviar un mensaje de error al cliente
    res.status(500).json({
        mensaje: 'Error al obtener el clima',
        error: error.message,
    });
}
});
app.post('/api/climaSemana', async (req, res) => {
    const ciudad = req.body.ubicacion;
    const apiKey = '2769474ff4c07ecfbc33116e6a6db3b8';
    // Ciudad que deseas consultar
    //const ciudad = 'Ciudad de México';
    // URL de la API para obtener el pronóstico del clima
    const url =
`http://api.openweathermap.org/data/2.5/forecast?q=${ciudad}&appid=${apiKey}&units=metric`;
    try {
        // Solicitud a la API
        const response = await axios.get(url);
        const data = response.data;
        // Filtrar los datos para los próximos 3 días
        const pronostico = [];
        const dias = new Set(); // Para asegurarnos de que obtenemos pronósticos
diferentes por día

```

```

for (const item of data.list) {
    const fecha = new Date(item.dt * 1000);
    const dia = fecha.toISOString().split('T')[0]; // Solo queremos la parte de la
fecha
    if (!dias.has(dia) && dias.size < 3) {
        dias.add(dia);
        pronostico.push({
            fecha: dia,
            temperatura: item.main.temp,
            descripcion: item.weather[0].description,
        });
    }
    if (dias.size >= 3) break; // Salir del bucle si ya tenemos 3 días
}
// Enviar la respuesta al cliente
res.json({
    ciudad: ciudad,
    pronostico: pronostico,
});
} catch (error) {
    console.log ('Error al obtener el clima:', error);
    // Enviar un mensaje de error al cliente
    res.status(500).json({
        mensaje: 'Error al obtener el clima',
        error: error.message,
    });
}

```

```
});  
// Iniciar el servidor  
const PORT = process.env.PORT || 5001;  
app.listen(PORT, () => console.log(`Servidor corriendo en http://localhost:${PORT}`));
```

## Anexo C. Manual de uso de aplicación



Al abrir la aplicación desde una cuenta nueva, la interfaz inicial muestra dos opciones principales para que el usuario pueda comenzar: "Iniciar sesión" y "Registrarse".

**Iniciar sesión:** Esta opción está dirigida a usuarios que ya poseen una cuenta registrada. Al seleccionarla, se abrirá una pantalla para ingresar sus credenciales (nombre de usuario o correo electrónico y contraseña) y acceder directamente a la plataforma.

**Registrarse:** Esta opción permite a los nuevos usuarios crear una cuenta. Al seleccionarla, se despliega un formulario sencillo en el que se solicitan los datos básicos, como nombre, correo electrónico y contraseña. Una vez completado, el usuario podrá iniciar sesión y personalizar su experiencia en la aplicación.

En la interfaz de registro de usuario, es importante que se ingrese toda la información solicitada de manera completa para asegurar el correcto funcionamiento de la aplicación. Esto incluye datos básicos como nombre, correo electrónico y contraseña, así como la ubicación específica del usuario. Ingresar el estado o región en la que se encuentra permitirá que la aplicación proporcione información personalizada y relevante, como condiciones climáticas locales que pueden influir en el rendimiento de los sistemas monitoreados.

TELCEL 10:55

Krista Osorio Monroy

Calentador 1  
No. serie: 1

Actualizar datos

Nombre  
Krista

Apellido Paterno  
Osorio

Apellido Materno  
Monroy

Correo  
kristaosorio69@gmail.com

Teléfono  
7713929529

Ubicación  
Pachuca de soto

Contraseña  
.....

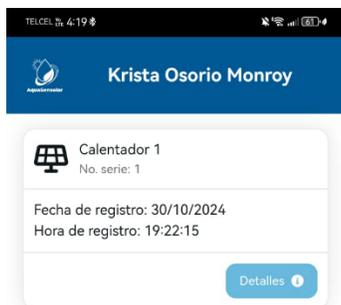
Cancelar Guardar

En la sección de perfil de la aplicación, el usuario puede ver su información personal y tiene la opción de corregir o actualizar estos datos según sea necesario. Al realizar cambios y guardarlos correctamente, aparece un mensaje de confirmación en la parte superior de la pantalla que indica que los datos se han actualizado exitosamente. Esto permite al usuario mantener su perfil al día, asegurando que la información utilizada en la aplicación sea siempre precisa y personalizada, mejorando la experiencia y funcionalidad general del sistema.



En la interfaz de la aplicación, se presenta un pronóstico del tiempo que resulta fundamental para la gestión eficiente del calentador solar. En la parte superior de la pantalla, se muestra la temperatura actual, proporcionando al usuario información instantánea sobre las condiciones climáticas. Justo debajo, se despliega el pronóstico extendido para los próximos tres días, permitiendo a los usuarios planificar el uso de agua caliente de manera efectiva. En la sección siguiente, se indica el rendimiento estimado del sistema, que se presenta como un porcentaje de eficiencia. Si este porcentaje es igual o superior al 100%, se garantiza un funcionamiento óptimo del calentador solar. Sin embargo, si la eficiencia es inferior al 60%, la aplicación enviará una notificación alertando al usuario de que el sistema podría no funcionar adecuadamente. Esta funcionalidad no solo ayuda a los usuarios a tomar decisiones informadas sobre el uso de agua

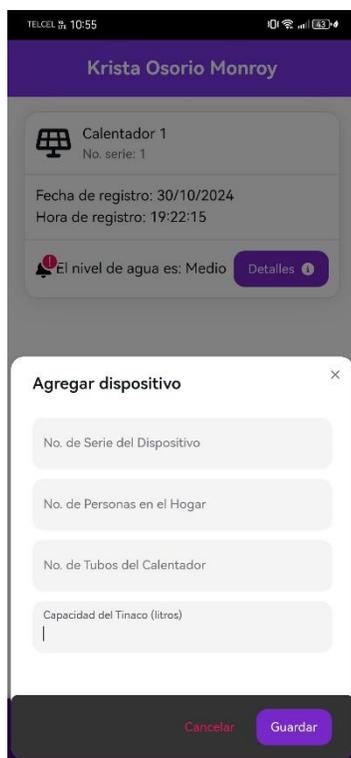
caliente, sino que también promueve un manejo más consciente y responsable de los recursos energéticos.



En la interfaz principal de la aplicación, se presenta el nombre del usuario que se registró previamente, brindando una experiencia personalizada. En la sección superior, se muestra el número de calentadores solares asociados a la cuenta, así como el número de serie de cada dispositivo registrado. Esta información es vital para que los usuarios puedan identificar rápidamente sus calentadores.



En la parte inferior de la pantalla, aparece una notificación relacionada con el nivel del agua en el tinaco. Si el nivel es medio o bajo, se emite una alerta visual, lo que permite a los usuarios tomar decisiones informadas sobre la gestión del agua. El botón de notificación, se abrirá una nueva pestaña que mostrará información detallada sobre el estado del tinaco, incluyendo recomendaciones para la optimización del uso del agua y sugerencias para el mantenimiento del sistema. Esta funcionalidad no solo mejora la experiencia del usuario, sino que también contribuye a un uso más eficiente de los recursos disponibles.



En esta pantalla, se debe ingresar la información correspondiente al dispositivo. Es fundamental incluir el número de personas que utilizarán el sistema, ya que esto permitirá realizar una predicción precisa sobre cuántas personas pueden bañarse de manera eficiente. Además, se debe especificar el número de tubos del calentador solar, lo cual es crucial para evaluar la eficiencia del sistema.

La capacidad del tinaco puede variar entre 1200, 1500 y 2000 litros, y esta información será utilizada para calcular la cantidad óptima de agua disponible para su uso. Esta funcionalidad no solo mejora la eficiencia del calentador solar, sino que también ayuda a prevenir el desperdicio de agua, promoviendo un uso responsable y sostenible.



En esta pantalla, la primera sección presenta la información general sobre el sistema, incluyendo el nombre del usuario y los datos del calentador solar registrado. En la segunda parte, se muestra la temperatura actual del agua en el calentador solar, el nivel de agua en el tinaco y la capacidad de este último, así como una estimación de cuántas personas pueden bañarse en función de la cantidad de agua disponible.

Finalmente, en la tercera sección, se indica el nivel actual del tinaco y la fecha programada para el mantenimiento, lo que permite a los usuarios planificar y asegurar el óptimo funcionamiento de su sistema. Esta interfaz no solo proporciona datos críticos en tiempo real, sino que también facilita la toma de decisiones informadas sobre el uso del agua caliente y la programación de mantenimiento, contribuyendo así a un manejo más eficiente de los recursos hídricos.



Al hacer clic en el botón de configuración, serás redirigido a la sección de mantenimiento. En la primera sección, encontrarás consejos básicos que garantizan un buen funcionamiento del sistema, lo que incluye recomendaciones sobre el uso y cuidado del calentador solar y del tinaco.

En la segunda sección, se proporcionará un número directo para agendar el servicio de mantenimiento. Allí, un representante estará disponible para atender tu solicitud y coordinar la fecha y hora que mejor se ajuste a tus necesidades. Esta atención personalizada asegura que recibas el soporte adecuado para el mantenimiento de tu sistema.

Finalmente, en la tercera sección, podrás acceder a nuestras redes sociales, donde podrás encontrar información adicional, noticias y consejos útiles. Esta integración no solo facilita la comunicación, sino que también fomenta una comunidad en línea donde los usuarios pueden compartir experiencias y resolver dudas relacionadas con el uso de la tecnología de monitoreo de agua.

Se realizó una investigación de campo mediante una consulta a la Secretaría de SEMARNAT con el objetivo de obtener información detallada sobre las estadísticas y las iniciativas actuales relacionadas con las energías renovables en el estado. Esta investigación permitió conocer los avances en políticas, proyectos y las acciones que se están llevando a cabo para promover el uso de energías sostenibles en la región.



Dirección de Sustentabilidad

Pachuca de Soto, Hgo., 14 de junio de 2024.

**Oficio SEMARNATH/DGCC/DS-007/2024**

**Asunto: Respuesta a Solicitud de Información**

**Mtro. Melecio Sánchez Ruiz**

Coordinador del Programa de

Maestría en Internet de las Cosas

Presente

En atención a su escrito de fecha 22 de mayo del año en curso mediante el cual hace del conocimiento a esta Secretaría, la petición con No. de control **ICBI-AACyE/553/2024** suscrita por la Ing. Krista Amairany Osorio Monroy, integrante del programa de Maestría en Internet de las Cosas, caso de estudio; "Las Energías Limpias con referencia al uso e innovación para calentadores solares"; reciba a los correos proporcionados [kristaosorio69@gmail.com](mailto:kristaosorio69@gmail.com), [os250122@uaeh.edu.mx](mailto:os250122@uaeh.edu.mx), la información solicitada sobre calentadores solares distribuidos a través del Programa "Alianzas para la Sustentabilidad de Hidalgo", con beneficios ambientales, sociales y económicos para la población hidalguense, y demás cuestionamientos.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

**Atentamente**

**Mtro. Enrique Rojo García**

Subsecretario de Sustentabilidad y Cambio Climático

C.c.p. Mtra. Mónica Patricia Mixtega Trejo, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Lic. Ana María Martínez Ramos, Encargada de la Dirección General de Cambio Climático

Expediente

Autorizó: Biol. Yolanda Ángeles Castillo
Revisó: Biol. Yolanda Ángeles Castillo
Elaboró: Ing. Monserrat Hernández Hernández



Dirección de Sustentabilidad

### Energía Solar

El uso de la energía solar presenta buen aprovechamiento térmico para diferentes dispositivos, en los que la radiación juega un papel importante en la eficiencia de los sistemas. Una de las aplicaciones más significativas utilizando este tipo de energía, es el desarrollo de sistemas de calentamiento del agua, debido a la eficiencia térmica de esta fuente solar se pueden sustituir los boiler que utilizan combustibles fósiles.

### Funcionamiento de calentador solar

Los calentadores solares de tubos al vacío, se encuentran expuestos y con un aislamiento térmico transparente, los cuales funcionan bajo el efecto termosifón, a través de la densidad de los fluidos. Véase imagen 1.



Imagen 1. Efecto termosifón

g

### Beneficiarios a partir del programa "Alianzas para la Sustentabilidad de Hidalgo"

Dentro del programa se han entregado **131 calentadores solares** de diferentes capacidades, según las necesidades de cada familia beneficiada; lo que significa 516 personas como beneficiarios directos.

En la imagen 4 se puede observar la información desglosada sobre las entregas; cantidad, capacidad (No. de tubos), municipio, localidad y número de beneficiarios.

 **MEDIO AMBIENTE** |  Programa "Alianzas para la Sustentabilidad de Hidalgo"  
Soluciones Integrales que se han entregado en distintos municipios

Lugar		Solución Integral								Totales
Municipio	Localidad	Calentador Solar 8 tubos	Calentador Solar 10 tubos	Calentador Solar 12 tubos	Calentador Solar 15 tubos	Calentador Solar 18 tubos	Calentador Solar 20 tubos	Calentador Solar 24 tubos	Calentador Solar 30 tubos	
Actopan	San Diego Canguihuindo	1	0	7	10	17	2	3	1	41
Pachuca	San Antonio el Desmonte	3	2	3	7	10	3	0	0	28
Actopan	San Diego Canguihuindo	3	1	7	3	10	2	1	0	27
Pachuca	SEMARNATH	0	5	13	13	3	1	0	0	35
<b>Total de calentadores entregados</b>										<b>131</b>

Imagen 4. Entregas realizadas

### Impacto ambiental

Durante su uso el impacto ambiental es positivo en virtud de que el uso de la energía solar contribuye a prolongar el tiempo de existencia de los recursos naturales renovables (carbón o leña) no renovables (combustibles fósiles).

El calentador solar puede disminuir el consumo energético, hasta llegar al 100% si se sustituye completamente, el consumo de gas o electricidad. La producción de agua caliente es utilizada para aplicaciones domésticas, turísticas, de esparcimiento e industriales.

### Datos o estudios realizados sobre el impacto ambiental y el ahorro de Gas LP resultante de la utilización de calentadores solares en viviendas.

De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada sobre el tema, se tiene que, el calentamiento de agua mediante el uso de Gas LP, representa una media del 30% de las emisiones de CO<sub>2</sub> de un hogar. Un calentador solar permitirá reducir sus emisiones totales en más de un 20%. Por lo que el boiler de gas genera de 6 a 8 kgeqCO<sub>2</sub>, a partir de la utilización de calentador solar puedes mitigar 1.389 KgeqCO<sub>2</sub>/día.

¿Existen centros de acopio para desechos del Calentador Solar?

4



La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Hidalgo no cuenta con un centro de acopio para los desechos de un calentador solar. Y no tiene registro de algún centro de acopio; por lo que se identifica, el manejo de los componentes de los calentadores solares en su condición de residuo, como área de oportunidad.

### Bibliografía

- Chowdhury Abrar Sobhan, Saagoto Md Sadatuzzaman. A Review of Solar Flat Plate Thermal Collector, 2020.
- C.M. Kemp, Climax Solar water heater. US Patent no. 451384, 28 April 1891.
- [https://www.gob.mx/profeco/documentos/calentadores-solares-de-agua-usa-la-energia-solar-a-tu-favor?state=published#:~:text=En%20el%20mercado%20encontrar%C3%A1s%20diferentes,de%20acuerdo%20con%20la%20CONUEE\).](https://www.gob.mx/profeco/documentos/calentadores-solares-de-agua-usa-la-energia-solar-a-tu-favor?state=published#:~:text=En%20el%20mercado%20encontrar%C3%A1s%20diferentes,de%20acuerdo%20con%20la%20CONUEE).)
- <https://www.un.org/en/climatechange>

Imagen 1

- <https://ciencia.unam.mx>

Imagen 2

- <https://solaresenmexico.com/como-esta-hecho-el-tanque-solar/>

Imagen 3

- <https://globalsolare.com/blog/como-esta-compuesto-un-calentador-solar/>