



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Apizaco

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**“DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR INTELIGENTE PARA
CALENTADORES DE AGUA SOLARES: TRANSICIÓN
SOLAR A GAS CON CONTROL REMOTO POR WI-FI”**

**TITULACION INTEGRAL INFORMA DE RESIDENCIA
PROFESIONAL**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERIA EN SISTEMAS AUTOMOTRICES**

PRESENTA:

ADOLFO ÁNGEL GONZALES CAZARES

NOMBRE DEL ASESOR:

DR. ANTONIO SOLÍS LIMA

Apizaco, Tlax., Diciembre 2024



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Apizaco, Tlaxcala, **13/diciembre/2024**
Departamento: Ingeniería Eléctrica y Electrónica
No. De oficio: I.E.E. /1095/2024

Asunto: Liberación de Proyecto
para la Titulación Integral

ISRAEL JORGE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral:

Nombre del egresado:	ADOLFO ÁNGEL GONZÁLEZ CÁZARES
Carrera:	INGENIERÍA EN SISTEMAS AUTOMOTRICES
No. De Control:	20371198
Nombre del proyecto:	"DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR INTELIGENTE PARA CALENTADORES DE AGUA SOLARES: TRANSICIÓN SOLAR A GAS CON CONTROL REMOTO POR WI-FI O BLUETOOTH."
Producto	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®*



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA ELÉCTRICA
Y ELECTRÓNICA

JAIME ALBERTO ELIZALDE OLIN
JEFE DEL DEPTO. DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ANTONIO SOLÍS LIMA
Nombre y firma del asesor

JAEO/Isa*
C.p. Archivo



2024
Felipe Carrillo
PUERTO
GOBIERNO DEL ESTADO DE GUERRERO
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN
CULTURA Y DEPORTE



GONZÁLEZ CAZARES ADOLFO ANGEL.
EGRESADO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
EN SISTEMAS AUTOMOTRICES.
CON NÚMERO DE CONTROL 20371198.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **"DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR INTELIGENTE PARA CALENTADORES DE AGUA SOLARES: TRANSICIÓN SOLAR A GAS CON CONTROL REMOTO POR WI-FI O BLUETOOTH"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **2 USB** del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ISRAEL JORGE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp. Archivo
ijss/Gsc*



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010
Ext. 304, e-mail: dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



Agradecimientos

Este proyecto, si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación, no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que a continuación mencionaré, las cuales han sido un soporte muy importante en momentos de complicación y desesperación.

Primero y, antes que nada, dar gracias a Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Agradecer hoy y siempre a mi familia que siempre han procurado mi bienestar y que, si no fuese por el esfuerzo realizado por ellos, mis estudios no hubiesen sido posibles; a mi papá, que, con sus consejos y experiencia, ha ayudado a que se cumplan uno a uno todos los objetivos; a mi mamá, por su apoyo y cariño; y a mis hermanos por la ayuda brindada.

A Marlen, por ser tan comprensiva y paciente, por su apoyo y amor; porque en su compañía las cosas malas se convierten en buenas, la tristeza se transforma en alegría y la soledad no existe.

De igual manera mi más sincero agradecimiento al Dr. Antonio Solís Lima por haberme sugerido el tema de este proyecto y por su apoyo y consejos durante la realización del tema.

A Nala, que con su lealtad, energía y ternura llenaron mis días de luz, recordándome siempre que, un poco de cariño y un paseo juntos pueden aliviar cualquier carga. Gracias por estar siempre a mi lado, con esa mirada que siempre transmitió calma y amor incondicional.

Índice

Capítulo I: Introducción.....	7
1.1 Planteamiento del problema	11
1.2 Revisión del Estado de la Técnica	12
1.3 Justificación	21
1.4 Objetivos	22
<i>1.4.1 Objetivo General</i>	22
<i>1.4.2 Objetivos Específicos</i>	22
Capítulo II: Marco Teórico	23
2.1 Aprovechamiento de la Energía Solar y Reducción del Consumo de Gas	23
2.3 Calentadores de Paso y Complemento en el Sistema de Calefacción	25
2.4 Microcontroladores	26
2.5 Sensores de Temperatura	28
2.6 Válvulas Solenoides	29
2.7 Módulos Relé	31
2.8 Paneles Solares	33
2.9 Reguladores de Voltaje	35
2.10 Baterías 18650	35
2.11 Controladores de Carga	37
2.12 Android Studio para la Creación de la Aplicación de Control	38
Capítulo III: Metodología	42
3.1 Diseño de especificaciones	42
<i>3.1.1 Panel Solar</i>	42
<i>3.1.2 Regulador de Voltaje LM2596</i>	43
<i>3.1.3 Módulo de Protección y Carga para Baterías 4S 40A (BMS)</i>	43

3.1.4 Conector de Baterías 18650 - INTESC	43
3.1.5 Baterías 18650	44
3.1.6 Microcontrolador ESP32 (USB Type-C con CH340C)	44
3.1.7 Sensor de Temperatura DS18B20	44
3.1.8 Electroválvula 12V DC 1/2 Pulgada	45
3.1.9 Módulo Relay 5V 5 Pines (Low Trigger)	45
3.1.10. Jumper Kabel 40 Polig 24AWG	45
3.1.11 Diagrama conceptual del sistema	45
3.1.12 Descripción de componentes:	46
3.1.13 Hardware:	46
3.2 Diseño detallado	49
3.2.1 Desarrollo del Software (Bocetos)	49
3.2.2 Comunicación con el ESP32	52
3.3 Simulación	52
3.3.1 Herramientas de simulación utilizadas	52
3.3.2 Proceso de simulación	53
3.4 Implementación o Prototipado	57
3.4.1 Materiales Implementados:	58
3.4.2 Proceso de Construcción:	59
3.4.3 Pruebas de Subsistemas	60
3.4.4 Pruebas de Integración	61
3.4.5 Resultados y observaciones:	63
3.5 Pruebas o Testing	63
3.5.1 Pruebas de Alimentación del Panel Solar	63
3.5.2 Pruebas del Regulador de Voltaje para el Banco de Baterías	64

3.5.3 Pruebas del Regulador de Voltaje del ESP32	65
3.5.4 Pruebas de Señales de Salida del ESP32 hacia los Relevadores	65
Capítulo IV: Resultados y Conclusiones	67
4.1 Resultados	67
4.2 Conclusiones	70
Capítulo V: Competencias desarrolladas y/o aplicadas	71
5.1 Competencias técnicas	71
5.2 Competencias analíticas	71
Referencias	
Anexos.....	

Índice de Figuras

<i>Figura 1: Calentador de agua con conversión automática de energía solar y gas</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2: Sistema de agua de energía solar con un calentador de agua a gas</i>	<i>16</i>
<i>Figura 3: Calentador de agua solar con sistema de control auxiliar</i>	<i>17</i>
<i>Figura 4: Modelo presentado en el modelo de utiolidad</i>	<i>18</i>
<i>Figura 5: Calentador de gas con conexion directamente a un calentador solar.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 6: Control para calentadores de agua basado en el Internet de las cosas.</i>	<i>20</i>
<i>Figura 7: Control de calentador de agua a gas vinculado con energía solar.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 8: Sistema de calentadores hibrido</i>	<i>26</i>
<i>Figura 9: Colector plano y colector de tubo de vacío</i>	<i>27</i>
<i>Figura 10: Diagrama interno de un calentador de paso (Sánchez, n.d.).</i>	<i>28</i>
<i>Figura 11: Microcontrolador Esp32</i>	<i>29</i>
<i>Figura 12: Pines del microcontrolador Esp32.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 13: Sensor DS18B20</i>	<i>31</i>
<i>Figura 14: Funcionamiento de la válvula solenoide</i>	<i>32</i>
<i>Figura 15: Funcionamiento del módulo relé (Robots Argentina, n.d.).</i>	<i>35</i>
<i>Figura 16: Funcionamiento del panel solar (Basengreen, n.d.).</i>	<i>36</i>
<i>Figura 17: Regulador de voltaje</i>	<i>38</i>
<i>Figura 18: Baterías 18650</i>	<i>39</i>
<i>Figura 19: Conexiones del controlador de carga 3S a 40A.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 20: Interfas de desarrollo de Android Estudio</i>	<i>42</i>
<i>Figura 21: Diagrama conceptual de conexiones</i>	<i>50</i>
<i>Figura 22: Diagrama de conexiones del módulo ESP32</i>	<i>51</i>
<i>Figura 23: Diagrama de conexiones de relevadores</i>	<i>52</i>
<i>Figura 24: Diagrama de conexiones del sistema de carga.....</i>	<i>53</i>

<i>Figura 25: Boceto del diseño de la pantalla principal</i>	<i>54</i>
<i>Figura 26: Boceto del diseño de la pestaña "Control Manual"</i>	<i>55</i>
<i>Figura 27: Boceto del diseño de la pestaña "Control Inteligente"</i>	<i>55</i>
<i>Figura 28: Boceto del diseño de la pestaña "Información"</i>	<i>56</i>
<i>Figura 29: Comunicación entre dispositivos por protocolo HTTP</i>	<i>57</i>
<i>Figura 30: Simulación de sensor de temperatura Ds18b20</i>	<i>58</i>
<i>Figura 31: Simulación de sensor con relevadores</i>	<i>59</i>
<i>Figura 32: Comunicación entre Modulo ESP32 y Aplicación</i>	<i>60</i>
<i>Figura 33: Interfaz Principal de SG Exchanger</i>	<i>61</i>
<i>Figura 34: Interfaz de Información de SG Exchanger</i>	<i>61</i>
<i>Figura 35: Interfaz de Control Manual de SG Exchanger</i>	<i>62</i>
<i>Figura 36: Interfaz de Control Inteligente de SG Exchanger</i>	<i>62</i>
<i>Figura 37: Sistema integrado</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 38: Conexión del sensor DS18B20</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 39: Conexiones de relevadores y valvulas</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 40: Conexiones del sistema de carga solar</i>	<i>66</i>
<i>Figura 41: Desarrollo del código en Arduino</i>	<i>67</i>
<i>Figura 42: Respuesta de botones en la aplicación de Android Estudio</i>	<i>72</i>
<i>Figura 43: Cambio automático de válvulas en el control Inteligente</i>	<i>73</i>
<i>Figura 44: Prueba de voltaje a panel solar</i>	<i>74</i>
<i>Figura 45: Diagrama de conexiones para controlador de carga</i>	<i>74</i>
<i>Figura 46: Conexión del esp32 con regulador de voltaje</i>	<i>75</i>
<i>Figura 47: Confirmación respuesta entre conexiones</i>	<i>76</i>

Capítulo I: Introducción

El uso de energías renovables puede contribuir a prevenir diversos problemas sociales, ambientales y económicos, ya que estos recursos son considerados sostenibles para el medio ambiente y generan mínimas o nulas emisiones de gases contaminantes, como el dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO) y dióxido de azufre (SO_2), entre otros. Uno de los sistemas de energía renovable que se ha implementado ampliamente es el uso de calentadores solares (Kumar, Hasanuzzaman, Rahim, & Islam, 2021).

Actualmente, el uso de calentadores solares se ha convertido en una opción importante en muchos hogares y edificios comerciales, proporcionando una alternativa más sostenible para el calentamiento de agua. Según Weiss y Spörk-Dür (2020), el Programa de Colaboración de Tecnología de Calefacción y Refrigeración Solar (SHC TCP) de la Agencia Internacional de Energía informó que, para finales de 2019, había 479 GW térmicos de capacidad solar en operación en todo el mundo. Esta capacidad acumulada generó un total de 389 TWh de energía solar térmica, lo que equivale a un ahorro de 41.9 millones de toneladas de petróleo y evitó la emisión de 135.1 millones de toneladas de CO_2 .

Sin embargo, en áreas donde la nubosidad es frecuente y las temperaturas son bajas, la eficiencia de los calentadores solares puede verse comprometida. La luz solar directa es obstruida y los tubos de vacío no absorben eficientemente la radiación solar, lo que reduce considerablemente el rendimiento del calentador solar. Por lo tanto, aunque los calentadores solares están diseñados para captar la energía solar, su eficiencia disminuye en días nublados o fríos, lo que impacta en la temperatura del agua. Para mitigar este problema, es común combinar calentadores solares con boilers de gas, asegurando así un suministro constante de agua caliente (Megawatt, 2023).

En este proyecto se propuso el desarrollo de un sistema que automatice el control de electroválvulas, permitiendo alternar entre el calentador solar y el boiler de gas según las condiciones ambientales. Para lograr la comunicación con el sistema, se usó un sensor de temperatura y un programa de software que se encargará de decidir en qué momento alternar entre las fuentes de calor¹ antes mencionadas. De esta manera, se espera optimizar el uso de energía, asegurando un suministro eficiente y constante de agua caliente.

La importancia de este proyecto radicó en facilitar y optimizar la conmutación de la generación de agua caliente de un sistema solar a un sistema de gas y viceversa. Además, al automatizar este proceso, evitó la intervención directa del usuario, contribuyendo así a una mayor eficiencia energética, a la vez que se incrementó el aprovechamiento de la energía solar y se redujo significativamente el consumo de gas teniendo un menor impacto ambiental.

Este documento se estructuró de la siguiente manera: en el Capítulo 1 se presentan la introducción; en el Capítulo 2 se presenta el marco teórico; en el Capítulo 3 se presenta la metodología. Posteriormente, en el Capítulo 4 se presentan los resultados y conclusiones y finalmente, en el Capítulo 5 se muestran las competencias desarrolladas y aplicadas.

1.1 Planteamiento del problema

En México, según un estudio del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), alrededor del 30% de los hogares, hoteles y hospitales utilizan calentadores solares como fuente para el suministro de agua caliente (INEGI, 2023). A pesar de los beneficios en ahorro energético, la eficiencia de estos sistemas solares se ve afectada por las condiciones climáticas.

Como resultado, muchos hogares utilizan un boiler de gas como respaldo. Sin embargo, la falta de un control óptimo en la alternancia entre el sistema solar y el de gas, especialmente cuando las condiciones ambientales no son favorables para el sistema solar, genera una incomodidad en el cambio de válvulas de forma manual y además también genera consumo de gas mayor al necesario. Esto implica tanto mayores costos para los usuarios como una reducción en el aprovechamiento de la energía solar.

El consumo ineficiente de gas también tiene implicaciones ambientales. Según estudios del INEGI (2023) estima que más del 15% de las emisiones de CO₂ de los hogares provienen del uso de gas doméstico, de las cuales aproximadamente un 4% se debe a la ineficiencia en sistemas que incluyen calentadores solares.

La ausencia de un sistema automatizado que regule el uso del calentador solar y el boiler de gas en función de las condiciones ambientales pone de manifiesto la necesidad de una solución tecnológica. El desarrollo de esta investigación tecnológica permite maximizar el aprovechamiento de la energía solar y disminuir el consumo de gas en momentos innecesarios. Sin una intervención como la que se planteó en este proyecto, se continuará incurriendo en intervención directa de los usuarios y en el caso de hospitales y hoteles se seguirá teniendo una actividad de riesgo si las válvulas se tienen que alternar de forma manual

en altura, costos elevados tanto económicos como ambientales, limitando el potencial de ahorro y sostenibilidad en hogares, hoteles y hospitales mexicanos.

1.2 Revisión del Estado de la Técnica

La revisión del estado de la técnica representa un pilar esencial para contextualizar la relevancia y originalidad del presente proyecto. Con el objetivo de identificar soluciones tecnológicas previas y comprender el panorama de desarrollos relacionados, se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva en bases de datos especializadas como Google Patents, Espacenet y el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI). Este análisis permitió seleccionar siete documentos, incluyendo una patente y seis modelos de utilidad. Los cuales se sintetizan a continuación.

Un recurso clave en esta revisión fue la Clasificación Cooperativa de Patentes (CPC), una herramienta que organiza documentos tecnológicos según su campo específico, en este caso se realizó la búsqueda con los CPC F24J 2/40 y F24H 1/14. Este sistema permite realizar búsquedas estructuradas y precisas, optimizando la identificación de avances tecnológicos relevantes. Para esta investigación, se emplearon términos clave en español e inglés; tales como valve, water heater, solar, gas, IoT y control, combinados estratégicamente mediante operadores lógicos (AND, OR), asegurando así un alcance amplio y exhaustivo en la búsqueda.

A continuación, se presenta el análisis detallado de los documentos seleccionados, explicando cómo contribuyen al desarrollo del proyecto, sus principales características y la clasificación CPC en la que están registrados:

Uno de los primeros hallazgos importantes en esta revisión del estado de la técnica fue un modelo de utilidad en el que se desarrolla un calentador de agua con conversión automática de energía solar y combustión de gas (Qiqiang y Jingdong, 2000), clasificado bajo las categorías F24J 2/40 y F24H 1/14. En este documento se describe un calentador de agua con conversión automática de energía solar y gas, compuesto por un calentador de agua de energía solar, un calentador de agua a gas y un convertidor automático. El sistema conecta la tubería de entrada de agua del calentador solar con la tubería de entrada del calentador a gas, mientras que la tubería de salida del calentador solar está conectada al convertidor automático, al igual que la tubería de salida del calentador a gas (Figura 1). Este diseño se destaca por su estructura simple, operación conveniente, ahorro de energía y un alto grado de automatización.

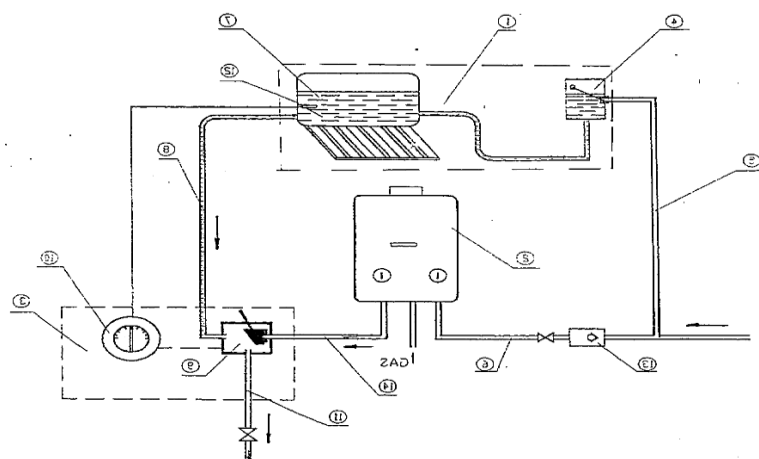


Figura 1: Calentador de agua con conversión automática de energía solar y gas

Después se encontró el modelo de utilidad clasificado en las categorías F24D 17/00 y F24D 19/10. Este modelo describe un dispositivo que integra un sistema de calentamiento de agua de energía solar con un calentador de agua a gas (Guangdong Ruitai Solar Energy

Co., Ltd., Xiao Yun, Huang Weiming, & Li Tianfu, 2009). La configuración incluye un grifo de bola de alimentación de agua montado en la parte inferior de una caja de agua de preservación térmica del sistema solar, conectado a una junta en T mediante una tubería y una válvula A. Una tubería conectada a un extremo de una junta en forma de Y, junto con una válvula B, se comunica con el calentador de agua a gas, mientras que el otro extremo de la junta en T se conecta a una válvula de doble propósito mediante otra tubería como se muestra en la Figura 2.

El sistema permite que el calentador de agua a gas utilice agua previamente calentada por el sistema solar, lo que genera una diferencia de temperatura significativa en comparación con el agua fría del grifo. Esto aumenta la velocidad de calentamiento y promueve el ahorro de energía. Además, el calentador de agua a gas se instala cerca del punto de uso, facilitando su mantenimiento. Este diseño se caracteriza por su estructura simple, seguridad, confiabilidad y contribución a la protección del medio ambiente, lo que lo hace adecuado para la implementación y popularización de sistemas de calentamiento de agua de energía solar (Guangdong Ruitai Solar Energy Co., Ltd., Xiao Yun, Huang Weiming, & Li Tianfu, 2009).

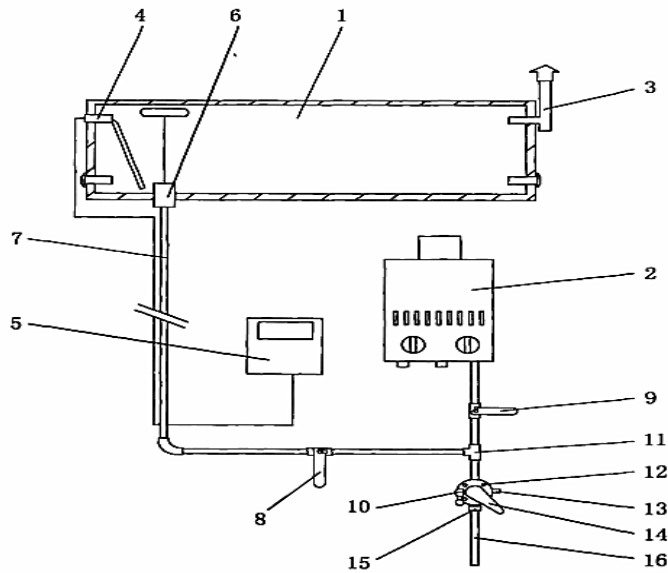


Figura 2: Sistema de agua de energía solar con un calentador de agua a gas

Posteriormente se localizó el modelo de utilidad clasificado en F24J 2/40. Este modelo describe un calentador de agua solar basado en un sistema de control auxiliar técnico mediante el internet de las cosas (Qiqiang y Jingdong, 2011). El sistema incluye un colector de calor solar y un controlador que incorpora una unidad de procesamiento central, un módulo de control de conmutación para el calentador de agua solar y un módulo de control de comunicación inalámbrica como se muestra en la Figura 3.

El módulo de control de comunicación inalámbrica se conecta tanto a un dispositivo de entrada y salida de comandos remotos como a la unidad de procesamiento central, facilitando una comunicación bidireccional entre estos elementos. Utiliza tecnología inalámbrica GPRS/GMS (Servicio de Radio de Paquete General y Sistema Global para Comunicaciones Móviles).

Este diseño permite un uso más simple y conveniente del calentador de agua solar, con una configuración más intuitiva y humana, mayor precisión en el control, y costos de

producción más bajos. Además, el control de los parámetros operativos se puede realizar mediante múltiples medios inalámbricos como interfaces web, mensajes cortos, entre otros, optimizando su funcionalidad y accesibilidad (Qiqiang y Jingdong, 2011).

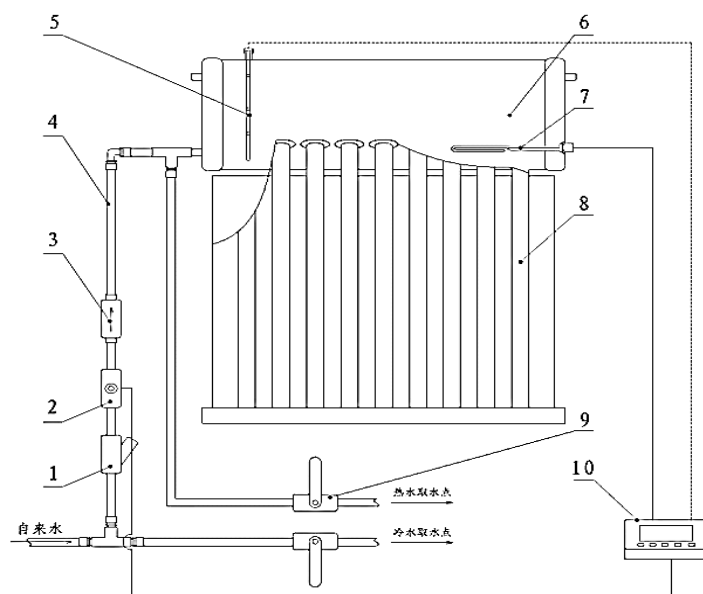


Figura 3: Calentador de agua solar con sistema de control auxiliar

Más adelante, se identificó otro modelo de utilidad clasificado en F24J 2/40 y F24J 2/00. Este modelo se relaciona con el calentamiento de agua mediante energía solar y un sistema técnico de calentamiento a gas (Hong Zenglin y Wang Min, 2012). El diseño incluye un calentador de agua solar, un controlador, una válvula eléctrica, un termostato y una bomba de refuerzo. El sistema se caracteriza porque la entrada del calentador de agua solar está conectada al canal de agua fría, mientras que la salida del calentador solar se enlaza con un extremo de la tubería de agua caliente. En el otro extremo, la tubería de agua caliente se conecta a una válvula eléctrica, que a su vez se une a la entrada del calentador de agua a gas mediante otra tubería. Por otro lado, la válvula eléctrica también está conectada a la tubería

de salida de agua caliente. La salida del calentador de agua a gas está vinculada a la tubería de salida de agua caliente como se muestra en la Figura 4.

El controlador está conectado tanto al calentador de agua solar como a la válvula eléctrica mediante líneas de señal, y el calentador solar está equipado con un termostato. Este diseño permite la conmutación automática entre el calentador de agua a gas y el sistema de energía solar, gracias a la integración del termostato, el controlador y la válvula eléctrica (Hong Zenglin y Wang Min, 2012).

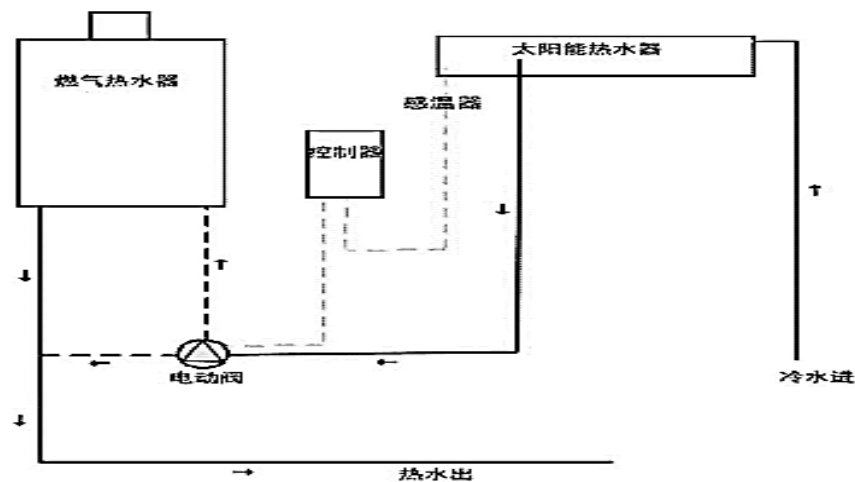


Figura 4: Modelo presentado en el modelo de utilidad

Después, se identificó el modelo de utilidad CN204187851U, clasificado en F24H 9/20. Este diseño presenta un calentador de gas que puede conectarse directamente a un calentador de agua solar (Li y Ji, 2014). La estructura incluye una carcasa, una cámara de combustión y un intercambiador de calor equipado con una tubería de entrada de agua y una tubería de salida. Además, la carcasa incorpora una junta de entrada de gas que se comunica con la tubería de salida y una junta de conexión específica para el calentador de agua solar,

situada en la parte inferior de la carcasa y conectada a la tubería de entrada de agua como se muestra en la Figura 5.

El diseño se caracteriza por la implementación de una válvula triple, cuyo tercer brazo conecta la tubería de entrada de agua con la tubería de salida dentro de la carcasa. También se emplean una válvula bidireccional y una válvula termostática que permiten determinar si el agua proveniente del calentador solar se utiliza directamente o si pasa por el calentador de gas para aumentar su temperatura (Li y Ji, 2014).

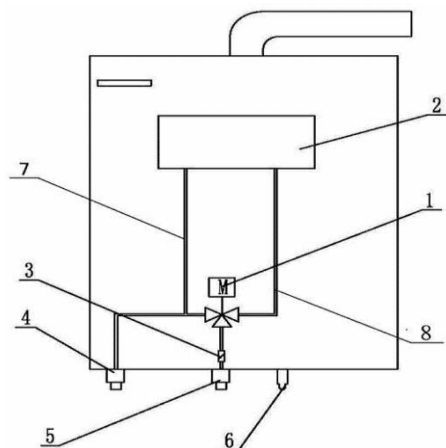


Figura 5: Calentador de gas con conexión directamente a un calentador solar

Siguiendo con la investigación se encontró la patente CN106766208A, clasificada bajo F24H 9/20. Presenta un sistema de control para calentadores de agua basado en el Internet de las cosas (Chongqing Zhongdu Network Technology Co., Ltd., 2015). Como se muestra en la Figura 6 este sistema incluye un calentador de agua, un interruptor eléctrico inteligente, una válvula de tubería de agua inteligente, un interruptor de nivel, un detector de temperatura, un controlador maestro MCU, un módulo de comunicación inalámbrica y un terminal de monitoreo móvil personal.

El interruptor de nivel y el detector de temperatura están conectados al controlador maestro MCU de forma independiente. El interruptor eléctrico inteligente se instala en la línea de alimentación del calentador de agua, mientras que la válvula de tubería de agua inteligente se coloca en la tubería de entrada de agua del calentador. Ambos, el interruptor eléctrico inteligente y la válvula de tubería de agua inteligente están conectados al controlador maestro MCU. Este controlador maestro, a su vez, se conecta con un módulo de comunicación inalámbrica que se enlaza con el terminal de monitoreo móvil personal a través de una red inalámbrica. De esta manera, el sistema permite un control remoto mediante el uso de la tecnología del Internet de las cosas (IoT) (Chongqing Zhongdu Network Technology Co., Ltd., 2017).

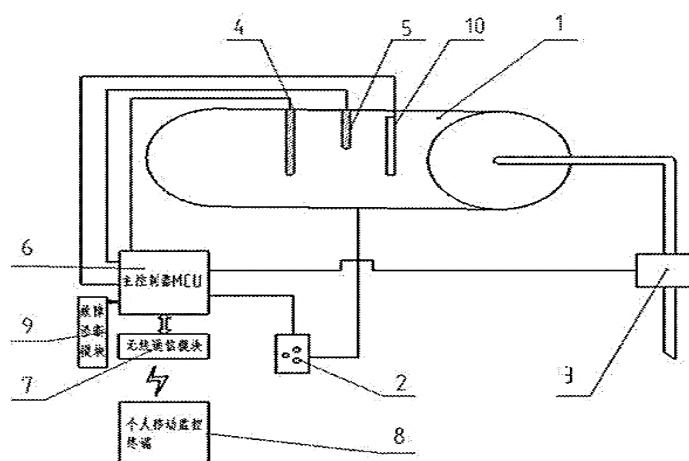


Figura 6: Control para calentadores de agua basado en el Internet de las cosas.

Por último, se revisó el modelo de utilidad CN206207750U, clasificado bajo F24H 9/20 y F24J 2/00, que describe un sistema de control de calentador de agua a gas vinculado con energía solar (Guangdong Vanward Gas Appliance Co., 2017). Este sistema incluye un calentador de agua solar, un calentador de gas, y una tubería de calefacción conectada entre ambos.

Como se muestra en la Figura 7 el calentador de gas está equipado con un conector de suministro de agua correspondiente a la tubería de calefacción. Además, cuenta con un sensor de temperatura de entrada y un medidor de temperatura del refrigerante de calefacción, que detecta la temperatura proveniente del calentador de agua solar. El sistema está diseñado para que el calentador de gas cuente con un controlador que regula el estado de la válvula proporcional de gas en función de la temperatura del agua de salida del calentador solar.

Este modelo de utilidad permite que, mediante la regulación de la válvula proporcional de gas, se garantice que la temperatura del agua se mantenga constante, resolviendo problemas comunes de fluctuaciones de temperatura y mejorando la experiencia del usuario (Guangdong Vanward Gas Appliance Co., 2017).

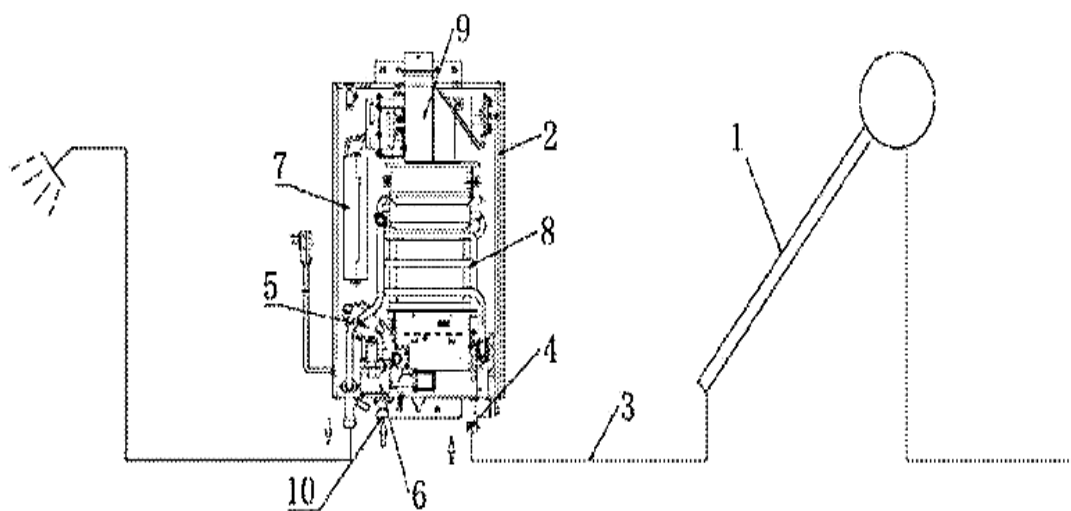


Figura 7: Control de calentador de agua a gas vinculado con energía solar.

A través de la exhaustiva revisión del estado de la técnica, se identificaron diversas soluciones tecnológicas enfocadas en el aprovechamiento de la energía solar y la integración con sistemas de calentamiento de agua a gas. Estas soluciones incluyen modelos de utilidad y

patentes que destacan por su innovación en el diseño de sistemas híbridos, el control remoto mediante IoT y la optimización energética. Sin embargo, a pesar de la relevancia de los documentos analizados, no se encontró ninguna patente o modelo que desarrolle de manera integral un sistema con las características específicas propuestas en este proyecto: la automatización del control de electroválvulas para alternar de manera inteligente entre calentadores solares y de gas en función de las condiciones ambientales.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación Teórica

El proyecto se fundamentó en el diseño y aplicación de tecnologías avanzadas para la optimización del consumo energético. Utiliza conceptos de energías renovables, sistemas híbridos de calentadores solares y boilers de gas, sensores de temperatura, y microcontroladores (ESP32), integrados con tecnologías IoT y aplicaciones móviles. Este marco teórico permite analizar la problemática de la eficiencia energética en sistemas de agua caliente y desarrollar una solución técnica que aprovecha la energía solar, minimizando el uso de combustibles fósiles. La propuesta contribuye a la evolución de los sistemas inteligentes en el ámbito doméstico y comercial.

1.3.2 Justificación Social

El proyecto abordó una necesidad en hogares, hoteles y hospitales: garantizar un suministro eficiente de agua caliente mientras se optimizan los recursos. La automatización del control entre sistemas de energía solar y boilers de gas elimina la dependencia de intervención manual, mejorando la comodidad y accesibilidad para los usuarios. Además, al reducir el consumo de gas, se disminuyen los costos operativos para las familias y las

instituciones, promoviendo un acceso más equitativo a tecnologías sostenibles y fomentando un cambio cultural hacia el uso de energías renovables.

1.3.3 Justificación Económica

La implementación de este sistema supone un ahorro considerable a largo plazo en los costos asociados al consumo de gas. Al maximizar el uso de energía solar, los usuarios no solo disminuyen sus facturas energéticas, sino que también contribuyen a una menor dependencia de fuentes de energía no renovables, cuya fluctuación de precios puede impactar significativamente en las economías domésticas y comerciales. Adicionalmente, la tecnología propuesta tiene un potencial de comercialización y escalabilidad, lo que podría generar oportunidades económicas y fomentar el desarrollo de nuevas soluciones en el sector energético.

1.3.4 Justificación Ambiental

Este proyecto aportó una solución tangible para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Como se mencionó anteriormente, el 15% de las emisiones de CO₂ provienen del uso de gas doméstico. La optimización de sistemas híbridos de calentamiento reduce esta cifra, contribuyendo a los objetivos globales de sostenibilidad. Asimismo, fomenta el aprovechamiento de recursos renovables como la energía solar, ayudando a preservar los recursos naturales y promover prácticas responsables en el consumo energético.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Desarrollar una interfaz electrónica inteligente que automatice la conmutación entre calentadores solares y de gas mediante el monitoreo en tiempo real de variables como la temperatura y el estado de las válvulas gestionada por una aplicación IoT para su implementación en hoteles hospitales y residencias con el propósito de optimizar la eficiencia energética reducir el consumo de recursos y mejorar la comodidad en sistemas de calentamiento de agua.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Establecer las especificaciones técnicas para integrar los componentes hardware (ESP32, sensores, válvulas, etc.) con el software (aplicación móvil), asegurando una comunicación eficiente en la red local.
- Elaborar el diseño detallado del sistema, incluyendo la configuración de hardware y la interfaz de usuario en la aplicación móvil.
- Validar el comportamiento del sistema mediante simulaciones para prever su rendimiento y optimizar parámetros antes de la implementación física.
- Construir el prototipo funcional, integrando el ESP32 con la aplicación móvil y los componentes físicos, y estableciendo la red local para la comunicación.
- Realizar pruebas del sistema para verificar la comunicación, el control de válvulas y la medición de temperatura, corrigiendo errores antes de la implementación final.

Capítulo II: Marco Teórico

En este capítulo se plasman los conceptos, teóricos y temas que son fundamentales para poder desarrollar este sistema automatizado el cual se basa en la integración de diversos componentes tecnológicos descritos previamente, tales como calentadores solares, calentadores de paso, el microcontrolador ESP32, sensores de temperatura DS18B20, válvulas solenoide, y módulos relé. Estos elementos, junto con el uso de paneles solares y baterías 18650, permiten maximizar el aprovechamiento de la energía solar y optimizar el consumo de gas. El ESP32, como núcleo de control, recibe los datos de los sensores de temperatura y toma decisiones en tiempo real para gestionar el cambio entre las fuentes de calentamiento solar y de gas, asegurando así que el sistema brinde agua caliente de manera constante y eficiente. Este proceso se ve complementado con el desarrollo de una aplicación móvil mediante Android Studio, la cual permite al usuario monitorear y controlar el sistema a distancia, ajustando parámetros y recibiendo alertas en función de las condiciones ambientales. Así, el sistema no solo contribuye a la reducción de costos energéticos, sino que también promueve un consumo responsable, alineado con objetivos de sostenibilidad y eficiencia energética.

2.1 Aprovechamiento de la Energía Solar y Reducción del Consumo de Gas

La energía solar es una fuente renovable e inagotable que contribuye significativamente a la reducción de emisiones de CO₂ y la dependencia de combustibles fósiles (UNED, 2016; Guevara & Ramírez, 2020). Especialmente en países como México, con alta radiación solar, la inversión en sistemas solares es ecológica y económicamente viable (Rivera et al., 2021).

Los sistemas híbridos domésticos, como muestra la Figura 8, combinan energía solar con sistemas tradicionales, asegurando un suministro constante de agua caliente. La tecnología permite la automatización de estos sistemas mediante sensores y controladores que optimizan el uso de energía solar y minimizan el consumo de gas (Hernández & Martínez, 2019).

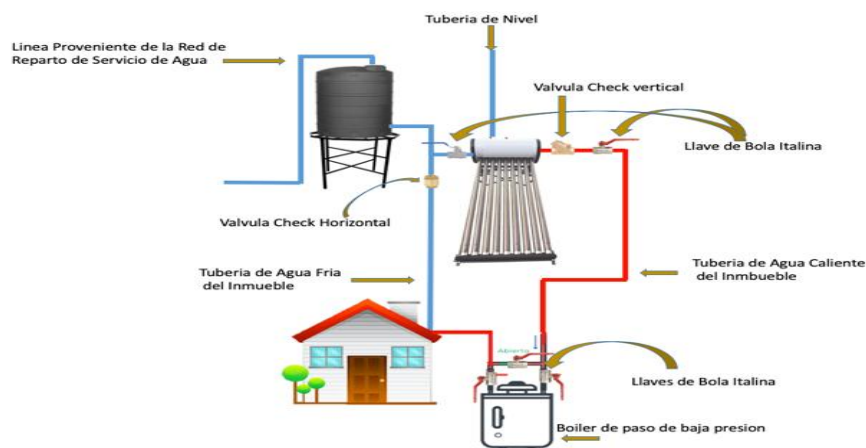


Figura 8: Sistema de calentadores híbrido

Según Portillo (2022), en México, estos sistemas pueden contribuir a los objetivos nacionales de sostenibilidad energética.

Esta búsqueda de eficiencia energética y aprovechamiento de energía solar orienta a investigar más detalladamente uno de los componentes fundamentales en estos sistemas: los calentadores solares.

2.2 Calentadores Solares

Los calentadores solares son dispositivos que aprovechan la radiación solar para calentar agua de manera eficiente, reduciendo el uso de energías convencionales (Kalogirou,

2004). Existen dos tipos principales: colectores de tubos de vacío y colectores planos (Jiménez et al., 2018), como se muestra en la Figura 9.



Figura 9: Colector plano y colector de tubo de vacío

Los tubos de vacío son más eficientes en climas fríos, mientras que los colectores planos son más económicos (Tian & Zhao, 2013). Su uso puede reducir hasta un 80% el consumo de gas en condiciones óptimas (López & Sánchez, 2020).

En sistemas híbridos, los calentadores solares funcionan como fuente primaria, complementándose con calentadores de paso cuando la radiación es insuficiente (Hernández & Martínez, 2019). Si bien los calentadores solares son altamente eficientes, es necesario contar con un sistema de respaldo para garantizar el suministro constante de agua caliente. Para esto se consideran los calentadores de paso como complemento ideal para este sistema híbrido.

2.3 Calentadores de Paso

Los calentadores de paso, también conocidos como calentadores instantáneos o de flujo continuo, son un tipo de sistema de calefacción que se caracterizan por calentar el agua solo cuando es necesario, a diferencia de los calentadores de tanque que mantienen el agua a una temperatura constante (Fernández & Pérez, 2021).

Estos dispositivos funcionan de forma continua y automática, activándose cuando hay una demanda de agua caliente, esto se hace mediante los diferentes dispositivos que

complementan este sistema como se muestra en la Figura 10, tenemos estos elementos como el sensor de flujo para detectar la demanda de agua, el quemador, el intercambiador de calor, la tarjeta electrónica, la entrada de agua caliente, la entrada de gas y la salida de agua caliente. Esto los hace ideales para complementar sistemas de calefacción solar, ya que pueden garantizar el suministro de agua caliente durante todo el año, incluso en períodos de poca radiación solar (Pérez-Lombard et al., 2008).

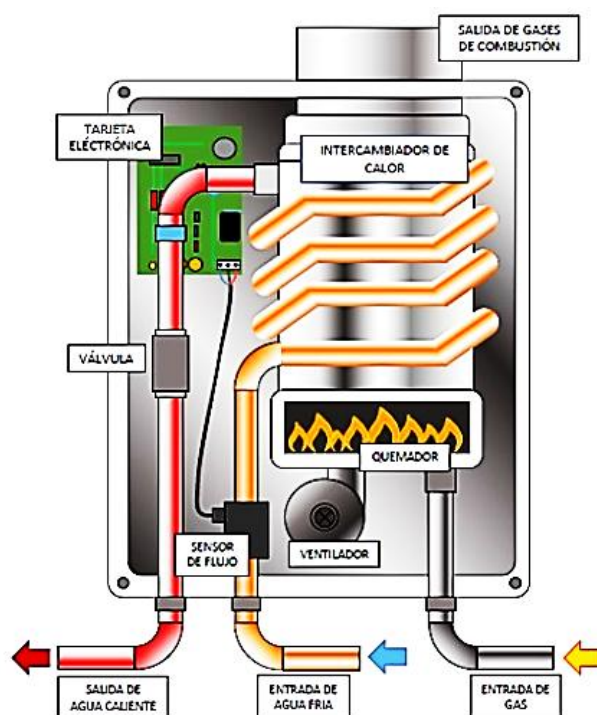


Figura 10: Diagrama interno de un calentador de paso (Sánchez, n.d.).

En resumen, los calentadores de paso son una opción eficiente y práctica para complementar sistemas de calefacción solar, garantizando el suministro de agua caliente de forma optimizada y automática. Para lograr una integración eficiente entre ambos sistemas de calentamiento, es necesario implementar un sistema de control inteligente. En este contexto, el microcontrolador emerge como una solución ideal para gestionar esta integración.

2.4 Microcontroladores

El ESP32 que se muestra en la Figura 11, es un potente microcontrolador de sistema en chip (SoC) desarrollado por Espressif Systems que ha ganado una gran popularidad en el ámbito del Internet de las cosas (IoT) y las aplicaciones de sistemas integrados (Gao et al., 2018). Este versátil dispositivo integra conectividad Wi-Fi y Bluetooth Low Energy (BLE), lo que lo hace muy adecuado para tareas de monitoreo y control remoto, que son esenciales para diferentes sistemas.



Figura 11: Microcontrolador Esp32

Las características clave del ESP32 que lo convierten en una opción ideal para el monitoreo y control de temperatura incluyen:

- **Conectividad y redes:** Las capacidades integradas de Wi-Fi (802.11 b/g/n) y Bluetooth (v4.2 BR/EDR y BLE) del ESP32 le permiten integrarse sin problemas con otros dispositivos inteligentes, lo que permite el acceso remoto, el monitoreo y el control del sistema de regulación de temperatura (Martínez y López, 2022; Ramachandran y Kartha, 2020).
- **Integración de sensores:** El microcontrolador ESP32 puede interactuar directamente con una amplia gama de sensores digitales, como el sensor de temperatura digital

DS18B20, que se utiliza habitualmente para las mediciones de la temperatura del agua (García y Torres, 2021; Zeadally y Siddiqui, 2019).

- **Control del actuador:** El ESP32 se puede programar para generar señales de control para operar varios actuadores, como electroválvulas o relés, para gestionar el caudal y la temperatura del agua, permitiendo la regulación automatizada en función de las lecturas de los sensores esto lo puede hacer mediante los pines digitales que tiene como se muestra en la Figura 12 (Martínez & López, 2022; Ramachandran y Kartha, 2020).

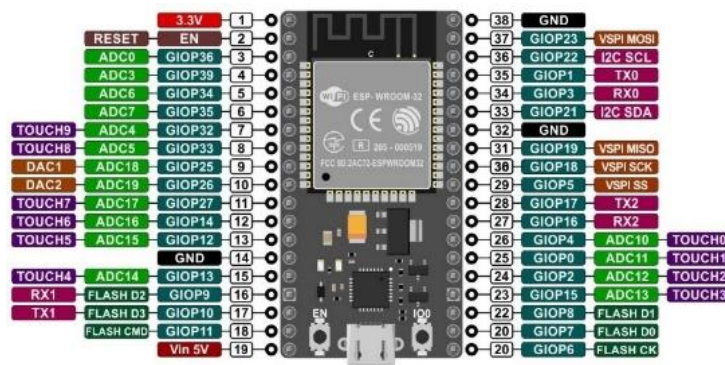


Figura 12: Pines del microcontrolador Esp32

- **Procesamiento de datos y toma de decisiones:** El ESP32 cuenta con un microprocesador Xtensa LX6 de 32 bits de doble núcleo con velocidades de reloj de hasta 240 MHz, que proporciona suficiente potencia de procesamiento para analizar los datos de temperatura, aplicar algoritmos de control y tomar decisiones para mantener la temperatura deseada del agua, lo que ayuda a optimizar el consumo de energía y garantizar la comodidad del usuario (Gao et al., 2018; Zeadally y Siddiqui, 2019).

Para que el ESP32 pueda realizar un control preciso de la temperatura, necesita obtener mediciones exactas y confiables. Esto se logra mediante la implementación del sensor de temperatura DS18B20.

2.5 Sensores de Temperatura

Los sensores de temperatura (Figura 13). Son dispositivos de alta precisión que permiten medir la temperatura con un margen de error mínimo (Rodríguez & Castillo, 2020). Estos sensores utilizan el protocolo de comunicación One-Wire, lo que simplifica su conexión a los microcontroladores.



Figura 13: Sensor DS18B20

Algunas características clave del sensor DS18B20 son:

- Rango de temperatura: -55°C a $+125^{\circ}\text{C}$
- Resolución programable de 9 a 12 bits
- Salida digital con protocolo One-Wire
- Alimentación de 3V a 5.5V
- Precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ en el rango de -10°C a $+85^{\circ}\text{C}$
- Funciona sin necesidad de componentes externos
- Tamaño reducido en encapsulado TO-92 o SOIC-8

La integración del DS18B20 en el sistema permite monitorear con precisión la temperatura del agua, lo que es fundamental para activar o desactivar los calentadores de forma eficiente y automatizada (Rodríguez & Castillo, 2020).

Una vez que se tiene la capacidad de medir la temperatura con precisión, nace la necesidad un mecanismo para controlar el flujo de agua entre los diferentes sistemas de calentamiento. Aquí es donde las válvulas solenoide juegan un papel crucial.

2.6 Válvulas Solenoides

Las válvulas solenoide de 1/2" a 12V son ampliamente utilizadas en sistemas de automatización debido a su capacidad para controlar el flujo de líquidos y gases con facilidad, en especial en proyectos que involucran microcontroladores como Arduino (Babar et al., 2021). Estas válvulas funcionan mediante un solenoide, que es una bobina electromagnética que permite abrir o cerrar el paso de fluido cuando se activa con corriente eléctrica como se representa en la Figura 14. Al aplicar corriente al solenoide, se genera un campo magnético que atrae un émbolo, permitiendo que el fluido pase a través de la válvula (Jiang & Gao, 2020).

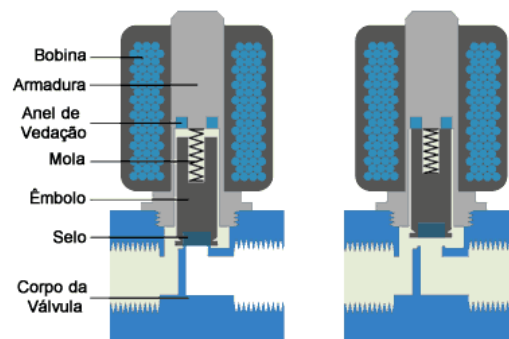


Figura 14: Funcionamiento de la válvula solenoide

2.6.1 Características Principales

- **Voltaje de Operación:** Estas válvulas operan típicamente con un voltaje de 12V DC, lo que permite su integración en sistemas de bajo voltaje sin comprometer la eficiencia de operación (Butt et al., 2023).
- **Tamaño de Entrada/Salida:** El tamaño de 1/2 pulgada refiere a la conexión estándar de las válvulas, lo que facilita su uso en aplicaciones comunes como sistemas de riego y dispensadores de líquidos (Babar et al., 2021).
- **Consumo de Corriente:** La mayoría de las válvulas solenoide de 12V consume entre 0.5 y 1.5 amperios. Es crucial verificar que la fuente de alimentación pueda suministrar la corriente necesaria para activar la válvula sin afectar el rendimiento del sistema general (Jiang & Gao, 2020).
- **Tipo de Fluido y Rango de Temperatura:** Estas válvulas se diseñan para manejar líquidos como agua o aceites ligeros y suelen operar en un rango de 0 a 80 °C, lo cual permite su uso en múltiples aplicaciones domésticas e industriales (Babar et al., 2021).

2.6.2 Funcionamiento y Aplicaciones

Las válvulas solenoide de 1/2" funcionan al recibir una señal de 12V, lo que genera un campo magnético en el solenoide, moviendo un émbolo que abre o cierra el flujo. Al cortar la corriente, un resorte interno devuelve el émbolo a su posición original, bloqueando el flujo nuevamente (Jiang & Gao, 2020). Este funcionamiento es ideal para aplicaciones donde se necesita un control rápido y confiable del flujo.

2.7 Módulos Relé

Los módulos de relé de Arduino son componentes esenciales para controlar dispositivos de alta potencia mediante una señal de control de bajo voltaje, como la que

genera una placa Arduino. El relé funciona como un interruptor electromagnético que permite abrir o cerrar un circuito de alta corriente, utilizando una señal de bajo voltaje (por lo general de 5V o 12V). Estos módulos son ampliamente utilizados para manejar dispositivos como luces, motores, electrodomésticos, y otros equipos eléctricos en sistemas automatizados o de control remoto.

2.7.1 Especificaciones de los Módulos Relé de Arduino

- **Voltaje de activación:** Los módulos relé comúnmente operan a 5V o 12V, lo que les permite ser controlados fácilmente por placas de desarrollo como Arduino, que ofrecen salidas de 5V o 3.3V, según el modelo.
- **Capacidad de corriente:** Un módulo relé típico de Arduino puede manejar hasta 10A para corriente alterna (AC) o corriente continua (DC). Algunos modelos de mayor capacidad permiten manejar hasta 30A o más, adecuados para dispositivos de mayor consumo energético (Diwan, 2020).
- **Canales:** Los módulos relé pueden tener uno o más canales. Los módulos de un solo canal controlan un solo dispositivo, mientras que los módulos multicanal pueden controlar múltiples dispositivos de manera simultánea. Los módulos comunes incluyen versiones de 2, 4, 8 y hasta 16 canales (Chauhan et al., 2021).

1.7.2 Funcionamiento del Módulo Relé

El módulo relé de Arduino funciona en base a un principio de electromagnetismo. Al aplicar un voltaje en la entrada del relé (a través de un pin de salida de Arduino), se activa un pequeño electroimán que genera un campo magnético. Este campo mueve un interruptor dentro del relé, abriendo o cerrando el circuito de alta potencia como se muestra en la Figura

15. Esto permite que dispositivos de corriente alterna (AC) o continua (DC) sean controlados de manera remota con señales de bajo voltaje (Arduino, 2023).

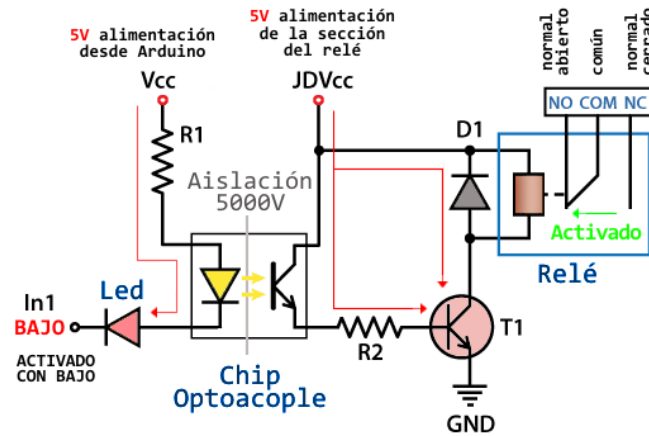


Figura 15: Funcionamiento del módulo relé (Robots Argentina, n.d.).

1.7.3 Precauciones

Es crucial tomar precauciones al trabajar con módulos de relé, especialmente en aplicaciones que involucren voltajes altos, para evitar riesgos de daños o accidentes, por lo que es fundamental asegurar una correcta conexión, ya que las conexiones de alto voltaje deben realizarse con mucho cuidado para evitar cortocircuitos o choques eléctricos, siendo recomendable verificar que todas las conexiones estén bien aisladas y que no haya riesgo de contacto accidental con componentes de alto voltaje (Chauhan et al., 2021).

Para garantizar la autonomía y sostenibilidad del sistema, es fundamental contar con una fuente de energía renovable que alimente los componentes electrónicos. Los paneles solares proporcionan esta capacidad.

2.8 Paneles Solares

Los paneles solares generan electricidad aprovechando la radiación solar. En el sistema planteado, estos paneles suministran energía para la operación de los dispositivos de control y monitoreo, así como para cargar las baterías de respaldo en caso de que la red eléctrica falle (Hernández et al., 2020). Los paneles solares, o módulos fotovoltaicos, convierten la energía solar en electricidad mediante el efecto fotovoltaico en las células solares como se muestra en la Figura 16, las cuales son mayormente de silicio (monocristalino o policristalino). Cada panel está compuesto por varias celdas conectadas en serie para aumentar el voltaje y en paralelo para incrementar la corriente. Las especificaciones de los paneles se expresan en potencia de salida (vatios), eficiencia, voltaje de circuito abierto (V_{oc}), corriente de cortocircuito (I_{sc}) y temperatura nominal de operación (NOCT).

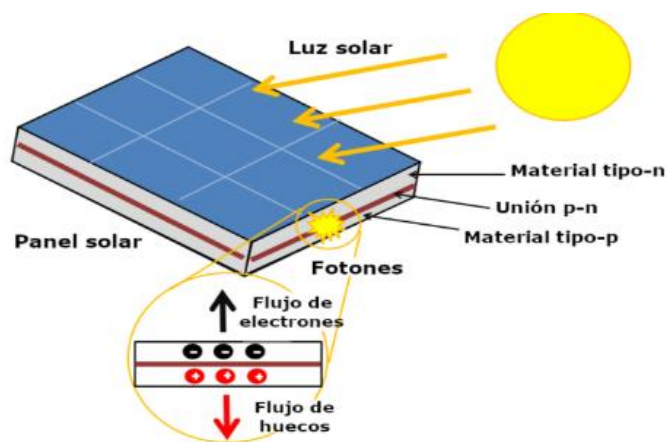


Figura 16: Funcionamiento del panel solar (Basengreen, n.d.).

2.8.1 Especificaciones Técnicas y Características

- **Eficiencia:** Los paneles actuales alcanzan eficiencias entre el 15% y el 22%, dependiendo de la tecnología. Los paneles monocristalinos suelen ser más eficientes que los policristalinos, aunque también más costosos (Shaahid & El-Amin, 2023).
- **Tolerancia de Potencia:** La mayoría de los paneles solares incluyen una tolerancia de potencia positiva (por ejemplo, +5 W), lo que significa que pueden producir más energía de la especificada, incrementando la producción en condiciones ideales.
- **Materiales:** Las células solares están encapsuladas entre una lámina de vidrio en la parte superior y un material de respaldo en la parte inferior. Se utilizan marcos de aluminio anodizado para brindar soporte estructural y protección frente a condiciones ambientales adversas

2.8.2 Tipos y Usos

- **Paneles Monocristalinos:** Alta eficiencia y rendimiento en espacios reducidos; ideales para techos donde el espacio es limitado.
- **Paneles Policristalinos:** Más económicos, pero con menor eficiencia; adecuados para instalaciones de gran superficie.
- **Paneles de Capa Fina:** Flexibles y ligeros, aunque con menor eficiencia; usados en aplicaciones móviles y techos donde el peso es un factor crítico (Chen & Wang, 2023).

La energía generada por los paneles solares necesita ser regulada adecuadamente para proteger los componentes electrónicos y garantizar un suministro estable. Esta función la cumplen los reguladores de voltaje.

2.9 Reguladores de Voltaje

Los reguladores de voltaje que se muestra en la Figura 17, Son dispositivos que se pueden implementar en sistemas solares controlan el flujo de corriente hacia las baterías para evitar sobrecargas y proteger la vida útil del sistema.



Figura 17: Regulador de voltaje

Existen distintos tipos, entre ellos los reguladores de conmutación y los lineales, cada uno con sus pros y contras:

- **Reguladores Lineales:** Proveen una regulación sencilla, aunque menos eficiente, y suelen utilizarse en sistemas de baja potencia.
- **Reguladores de Conmutación (Switching):** Utilizan componentes como MOSFETs para mayor eficiencia y son ideales en sistemas de alta demanda

2.10 Baterías 18650

Las baterías 18650 son celdas de litio-ion cilíndricas que se caracterizan por su alta densidad de energía, durabilidad y capacidad de recarga, lo que las hace muy populares en aplicaciones electrónicas estas se muestran en la Figura 18. Tienen un tamaño estándar de 18 mm de diámetro por 65 mm de longitud, de donde proviene su nombre (18-65-0). Estas baterías se utilizan comúnmente en dispositivos como linternas, herramientas eléctricas,

vehículos eléctricos, y también en bancos de energía y dispositivos portátiles (Zhang et al., 2021).



Figura 18: Baterías 18650

2.10.1 Características y Especificaciones Técnicas

Las celdas 18650 tienen una capacidad que puede variar entre 1800 mAh y 3500 mAh, aunque algunas versiones avanzadas pueden alcanzar hasta 4000 mAh. Esta capacidad es proporcional a la densidad de energía que ofrecen, lo que les permite ser utilizadas en dispositivos con un alto consumo energético. Según Wang y Ping (2023), la densidad energética de las celdas 18650 es notablemente alta en comparación con otros tipos de baterías recargables, lo que las hace ideales para aplicaciones como vehículos eléctricos o herramientas sin cable. Además, su voltaje nominal es de 3.6V o 3.7V, y el voltaje máximo al estar completamente cargadas es de 4.2V. Estas baterías ofrecen una vida útil extensa, alcanzando más de 500 ciclos de carga-descarga antes de experimentar una pérdida significativa de capacidad, lo cual es una de sus principales ventajas (Li et al., 2023).

Las baterías 18650 también se encuentran en sistemas de almacenamiento de energía a gran escala, como bancos de baterías para almacenamiento de energía solar (Zhang et al., 2021). Para gestionar eficientemente la carga y descarga de las baterías, preservando su vida

útil y garantizando un funcionamiento seguro, se requiere un controlador de carga especializado.

2.11 Controladores de Carga

Un controlador de carga de 3 celdas a 40 A para baterías de 4.2 V está diseñado para manejar y proteger las baterías de ion-litio, en particular aquellas en configuración de 3 celdas (3S) con un voltaje nominal de 12.6 V (4.2 V por celda) como se puede observar en la Figura 19.

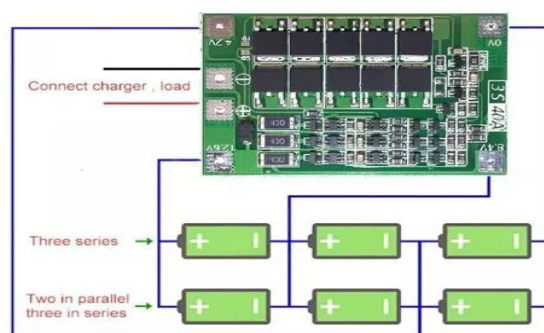


Figura 19: Conexiones del controlador de carga 3S a 40A

Este tipo de controlador de carga resulta ideal en aplicaciones donde se requieren corrientes altas, como en sistemas de energía solar, herramientas eléctricas, vehículos eléctricos, y otros dispositivos que emplean baterías recargables de alta capacidad y potencia.

Para proteger la batería, el controlador incluye un sistema de protección de sobrecarga y sobredescarga que monitorea cada celda individualmente mediante un sistema de gestión de batería (BMS). Este sistema evalúa constantemente el voltaje y la corriente de cada celda para evitar sobrecargas y descargas excesivas, que podrían dañar las celdas o incluso crear riesgos de incendio (Wang & Liu, 2020). Además, incorpora balance de celdas para garantizar que todas las celdas de la batería mantengan un voltaje uniforme, mejorando así

la capacidad total del sistema y prolongando la vida útil de la batería. Esto se logra mediante circuitos de balanceo que ajustan el voltaje en cada celda (Zhang et al., 2023).

2.11.1 Aplicaciones en Sistemas de Energía

En aplicaciones solares, estos controladores de carga permiten que la energía generada por los paneles solares cargue de forma óptima y segura las baterías, asegurando su disponibilidad durante horas de baja o nula radiación solar (Ma et al., 2022).

Este controlador de carga regula la entrada de corriente y evita fluctuaciones, sobrecargas y descargas extremas, optimizando el rendimiento de las baterías 18650 y extendiendo su vida útil (Chen et al., 2021).

Finalmente, para que el usuario pueda interactuar con el sistema de manera intuitiva y eficiente, es necesario desarrollar una interfaz de control. Android Studio proporciona las herramientas necesarias para crear esta interfaz.

2.12 Android Studio para la Creación de la Aplicación de Control

Android Studio es un entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de aplicaciones Android, basado en IntelliJ IDEA de JetBrains (Figura 20). Android Studio proporciona todas las herramientas necesarias para el diseño, desarrollo, prueba y depuración de aplicaciones móviles en el sistema operativo Android.

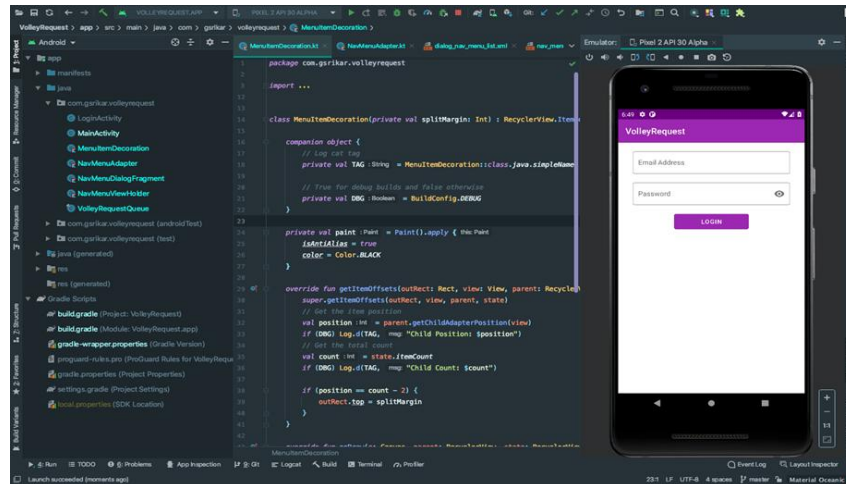


Figura 20: Interfaz de desarrollo de Android Estudio

2.12.1 Especificaciones y Requisitos del Sistema

Android Studio es compatible con Windows, macOS y Linux. Los requisitos mínimos suelen incluir:

- RAM: 4 GB mínimo, 8 GB o más recomendado.
- Espacio en disco: Al menos 2 GB para Android Studio y 4 GB adicionales para el emulador.
- Resolución de pantalla: 1280x800 mínimo.
- JDK (Java Development Kit): Android Studio incluye un JDK interno para compilar aplicaciones Android sin necesidad de configuraciones adicionales (Google, 2023).

Además, es importante contar con un sistema de gráficos compatible con OpenGL para utilizar el emulador de Android, lo que facilita la prueba de aplicaciones en diversas versiones y dispositivos virtuales.

2.12.2 Características Principales

Android Studio es una plataforma de desarrollo integral que facilita la creación de aplicaciones de Android mediante varias herramientas diseñadas para optimizar el diseño, pruebas, y funcionalidades de las aplicaciones. En cuanto al diseño de interfaz de usuario (UI), Android Studio incluye un editor visual que permite arrastrar y soltar componentes, lo cual simplifica la creación de interfaces adaptativas para diferentes tamaños y orientaciones de pantalla (Dutta, 2021). Además, el emulador de Android permite a los desarrolladores probar sus aplicaciones en una variedad de dispositivos virtuales, sin necesidad de contar con hardware físico, lo que resulta especialmente útil para verificar el rendimiento de la interfaz y la comunicación en sistemas de control (Butler et al., 2022).

Para la depuración y pruebas, Android Studio ofrece herramientas que permiten identificar y corregir errores en tiempo real, así como realizar pruebas unitarias y de interfaz para garantizar la estabilidad de las aplicaciones en diversas condiciones (Google, 2023). Asimismo, la integración de bibliotecas y APIs en Android Studio permite la compatibilidad con una amplia gama de tecnologías externas, como sensores y controladores. Esto facilita la comunicación con dispositivos como el ESP32, usado en el control de sistemas de calentamiento de agua, mediante WiFi o Bluetooth, permitiendo a los desarrolladores manejar dispositivos externos desde la aplicación (Google, 2023).

2.12.3 Lenguajes de Programación y Soporte

- **Kotlin:** Desde 2019, Kotlin es el lenguaje oficial para el desarrollo de aplicaciones Android, recomendado por su simplicidad, eficiencia y compatibilidad con Java. Kotlin permite escribir código más conciso y seguro, lo cual es valioso para aplicaciones críticas como la de control de sistemas de calentamiento de agua (Dutta, 2021).

- **Java:** Android Studio también soporta Java, que sigue siendo ampliamente utilizado en aplicaciones Android. Su compatibilidad permite que proyectos más antiguos puedan ser actualizados y modernizados con el tiempo.

2.12.4 Uso de Android Studio en el Desarrollo de una Aplicación de Control

La aplicación de control para alternar entre un calentador solar y uno de paso puede ser desarrollada en Android Studio utilizando una arquitectura de red local donde el dispositivo móvil se comunica con un microcontrolador ESP32, controlando las electroválvulas a través de HTTP o protocolos similares. Android Studio permite crear una interfaz gráfica intuitiva que incluye botones para activar y desactivar los calentadores, además de una sección para monitorear la temperatura en tiempo real mediante sensores conectados al ESP32 (Sharma & Patel, 2020). Esta comunicación puede establecerse mediante HTTP Requests, que Android Studio soporta con bibliotecas como Retrofit o Volley, facilitando el manejo de datos en tiempo real entre la aplicación y el ESP32 (Butler et al., 2022).

Además, al utilizar Android Studio, los desarrolladores pueden implementar un sistema de alertas que notifique al usuario sobre cambios de temperatura o posibles fallos en los calentadores. Esto mejora la eficiencia y seguridad del sistema, optimizando el consumo energético y reduciendo la necesidad de intervención manual en el control de los calentadores (Sharma & Patel, 2020).

El marco teórico presentado en este documento fundamenta el desarrollo de un sistema automatizado para optimizar el uso combinado de calentadores solares y boilers de gas. Al integrar diversos componentes, como electroválvulas, baterías, paneles solares y un controlador ESP32, este sistema será capaz de monitorizar las condiciones ambientales y

alternar de manera eficiente entre ambas fuentes de calentamiento, maximizando el aprovechamiento de la energía solar y reduciendo el consumo innecesario de gas.

La implementación de esta solución tecnológica no solo beneficiará a los usuarios en términos de ahorro económico, sino que también tendrá un impacto positivo en la sostenibilidad ambiental, al disminuir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, la integración de una aplicación móvil para el control remoto del sistema brindará a los usuarios una experiencia de uso más conveniente y adaptada a las necesidades de la era digital.

Capítulo III: Metodología

El desarrollo del sistema propuesto sigue una metodología estructurada basada en el enfoque de diseño de Cegarra Sánchez (2004). Este capítulo detalla las etapas que son; diseño de especificaciones, diseño detallado, simulación, implementación o prototipado y por último pruebas y testings los cuales son pasos clave realizados para lograr un sistema funcional que automatice la conmutación entre calentadores solares y boilers de gas, maximizando la eficiencia energética y optimizando el consumo de recursos.

3.1 Diseño de especificaciones

El proyecto busca desarrollar una interfaz electrónica inteligente que automatice la conmutación entre calentadores solares y de gas mediante el monitoreo en tiempo real de variables como la temperatura y el estado de las válvulas gestionada por una aplicación IoT para su implementación en hoteles, hospitales y residencias con el propósito de optimizar la eficiencia energética reducir el consumo de recursos y mejorar la comodidad en sistemas de calentamiento de agua. A continuación, se presentan las especificaciones de los componentes para el proyecto.

3.1.1 Panel Solar

El panel requerido es un panel solar monocristalino PET 12V 1.3A 15W está compuesto por células de silicio monocristalino, conocidas por su alta eficiencia en la conversión de energía solar, con una eficiencia de hasta el 20%. Su potencia nominal es de 15W, con un voltaje operativo recomendado de 12V y una corriente máxima de 1.3A. Este panel tiene un rango de voltaje de circuito abierto (Voc) de aproximadamente 21.6V y un voltaje a máxima potencia (Vmp) de 17.2V, lo que lo hace ideal para cargar baterías y

alimentar dispositivos de baja potencia. Además, cuenta con una resistencia a condiciones climáticas adversas gracias a su encapsulado PET y vidrio templado, garantizando una vida útil prolongada en exteriores.

3.1.2 Regulador de Voltaje LM2596

El regulador DC-DC LM2596 permite convertir voltajes superiores en niveles inferiores con alta eficiencia, alcanzando hasta un 92%. Su entrada soporta voltajes de 4V a 40V, ajustándose mediante un potenciómetro integrado para obtener una salida entre 1.25V y 35V. Soporta una corriente continua de 3A, con capacidad pico de hasta 4A en cortos períodos. Este regulador incluye protección térmica, contra sobre corriente y cortocircuitos, siendo esencial para garantizar un suministro estable y seguro hacia los componentes del sistema.

3.1.3 Módulo de Protección y Carga para Baterías 4S 40A (BMS)

Este módulo BMS (Battery Management System) está diseñado para manejar baterías de litio en configuración 4S (cuatro celdas en serie), proporcionando protección integral contra sobrecarga (voltaje por celda $>4.25V$), sobre descarga ($<2.5V$ por celda), sobre corriente (40A máx.) y cortocircuitos. Además, regula la carga equilibrando las celdas para extender su vida útil. Su diseño permite manejar sistemas de alta demanda energética, siendo indispensable para evitar daños en las baterías y mantener el rendimiento óptimo del sistema.

3.1.4 Conector de Baterías 18650 - INTESC

El conector está diseñado para alojar celdas 18650 de manera segura y eficiente. Cuenta con contactos metálicos de alta conductividad que aseguran una conexión eléctrica estable. Su material plástico es resistente al calor, lo que lo hace adecuado para proyectos

donde las baterías puedan calentarse durante la operación. Además, permite configuraciones en serie o paralelo dependiendo de los requerimientos de voltaje y capacidad del sistema.

3.1.5 Baterías 18650

Estas baterías recargables de ion-litio tienen un voltaje nominal de 3.7V por celda, con una capacidad que varía entre 2000 mAh y 3500 mAh dependiendo del modelo. Su corriente de descarga puede alcanzar picos de hasta 10A o más, dependiendo de la calidad. La química de estas celdas permite múltiples ciclos de carga y descarga, con una densidad energética superior a la de baterías tradicionales. En el sistema, proporcionan energía constante y confiable para el funcionamiento de los dispositivos conectados.

3.1.6 Microcontrolador ESP32 (USB Type-C con CH340C)

El ESP32 es un microcontrolador de alto rendimiento que integra WiFi 802.11 b/g/n y Bluetooth BLE 4.2/5.0. Su procesador dual-core Xtensa LX6 opera hasta 240 MHz, soportando multitarea y operaciones en tiempo real. Cuenta con 38 pines GPIO configurables para periféricos como I2C, SPI, UART, PWM y ADC/DAC. La versión con chip CH340C y USB Type-C facilita la programación y comunicación serie. Este microcontrolador es clave para la gestión del sistema automatizado, conectándose a sensores y actuadores.

3.1.7 Sensor de Temperatura DS18B20

El DS18B20 es un sensor digital que utiliza el protocolo 1-Wire, lo que permite la conexión de múltiples sensores en un solo pin de datos. Su rango de medición va de -55°C a +125°C, con una precisión de $\pm 0.5^\circ\text{C}$ en el rango de -10°C a +85°C. Su encapsulado de acero inoxidable lo hace resistente al agua, siendo adecuado para aplicaciones en sistemas de agua

caliente como el de tu proyecto. Incluye resistencia pull-up interna, simplificando su integración.

3.1.8 Electroválvula 12V DC 1/2 Pulgada

Esta electroválvula funciona con una bobina electromagnética de 12V DC que permite abrir o cerrar el paso del agua al recibir una señal eléctrica. Soporta presiones de hasta 0.8 MPa y es adecuada para sistemas de flujo continuo o controlado. Su diseño incluye materiales resistentes a la corrosión, como latón o acero inoxidable, y un diafragma de goma que garantiza un sellado hermético.

3.1.9 Módulo Relay 5V 5 Pines (Low Trigger)

El relay de 5V utiliza un diseño de activación por nivel bajo (LOW), lo que lo hace compatible con dispositivos de bajo voltaje como el ESP32. Soporta corrientes de hasta 10A para dispositivos en corriente alterna (250V) o directa (30V). Incluye un optoacoplador para aislamiento eléctrico, aumentando la seguridad y reduciendo el ruido en el circuito. Su LED indicador facilita la verificación del estado del módulo.

3.1.10 Jumper Kabel 40 Polig 24AWG

Este conjunto de cables jumper de calibre 24AWG y 40 pines está diseñado para realizar conexiones temporales o prototipos de manera rápida. Fabricados con cobre estañado, aseguran baja resistencia eléctrica y durabilidad. Son compatibles con protoboards y headers estándar de 2.54 mm, facilitando la integración de los módulos y componentes en el sistema.

3.1.11 Diagrama conceptual del sistema

El sistema incluye la comunicación entre la aplicación móvil, el ESP32, el sensor DS18B20 y las electroválvulas, alimentado por un sistema solar autónomo, la conexión entre los dispositivos se implementará como se muestra en el diagrama de la Figura 21.

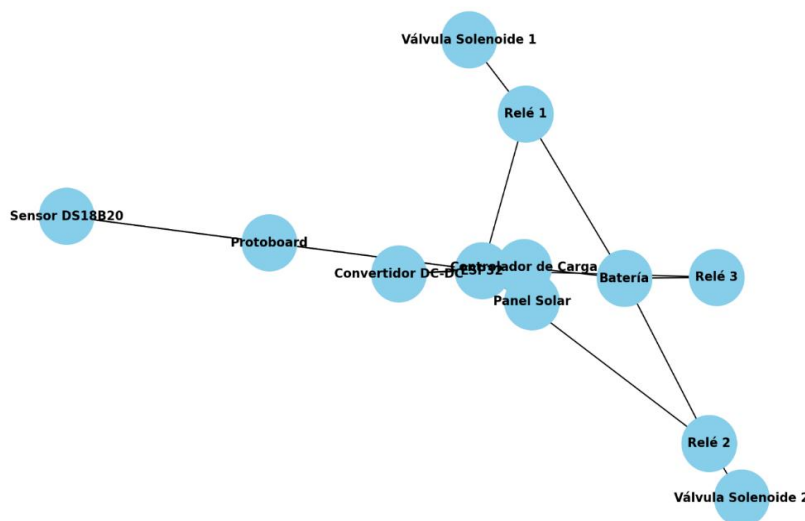


Figura 21: Diagrama conceptual de conexiones

3.1.12 Descripción de componentes

El diseño partió del diagrama conceptual desarrollado en la fase preliminar. En esta etapa, se definieron las especificaciones exactas de los componentes seleccionados, como la configuración de las baterías 18650 para proporcionar un voltaje estable de 12V, necesario para operar las válvulas solenoides. Además, se optimizó el flujo de señales entre el ESP32 y los sensores para minimizar la latencia, asegurando una respuesta rápida en la automatización de las válvulas, así como el diseño de la aplicación que controlara el sistema.

3.1.13 Hardware

Para el diseño detallado del sistema, se llevaron a cabo las siguientes conexiones y configuraciones utilizando los componentes seleccionados:

El microcontrolador ESP32 Wroom32 es el núcleo del sistema y como se muestra en la Figura 22, se conecta a una fuente de 5V a través de un regulador de voltaje que estabiliza la alimentación. Como se muestra en el diagrama de conexiones de la Figura 22. El pin VIN del ESP32 recibe este voltaje, mientras que el pin GND se conecta a una línea de tierra compartida en la protoboard. Junto con el ESP32, el sensor de temperatura DS18B20 se conecta al pin digital 32 del microcontrolador y utiliza una resistencia de $4.7k\Omega$ entre VCC y SEÑAL para garantizar una señal estable.

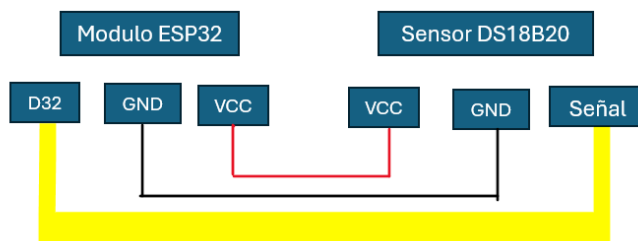


Figura 22: Diagrama de conexiones del módulo ESP32

Los tres módulos relé de 5V Low-Level Trigger controlan el suministro eléctrico a las válvulas solenoides de 12V. Cada relé está conectado a pines positivo y negativo del ESP32 mientras que sus entradas de control (IN) se conectan directamente al microcontrolador en los pines D14, D27 y D26 (Figura 23). Las válvulas reciben corriente solo cuando el relé está activado, siendo alimentadas por un regulador configurado para proporcionar 12V. El cable positivo de las válvulas se conecta al lado de carga de los relés y el cable negativo a la tierra compartida.

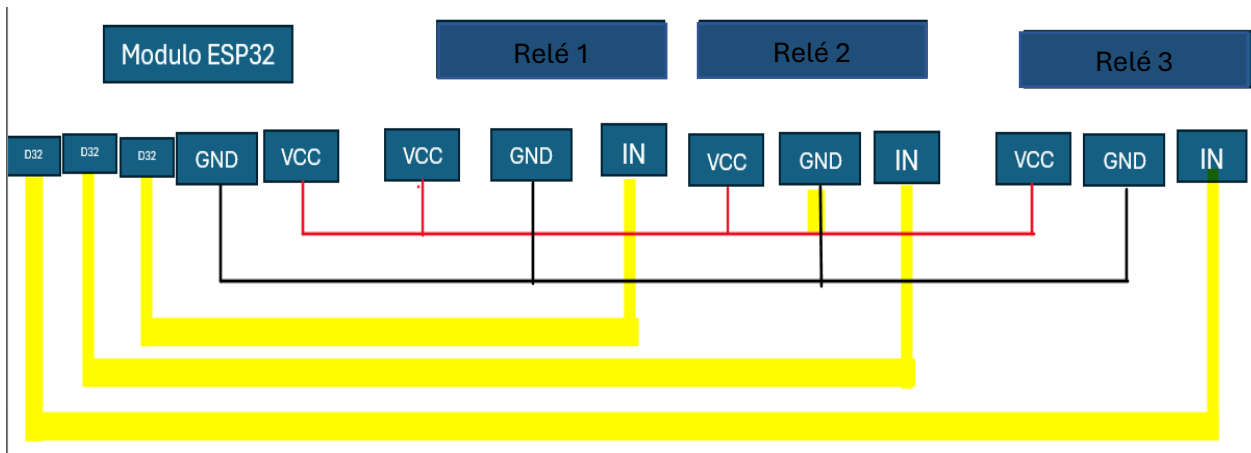


Figura 23:Diagrama de conexiones de relevadores

El sistema de carga solar utiliza un panel de 12V y 10W que alimenta un controlador de carga para gestionar la energía almacenada en tres baterías 18650 conectadas en serie, proporcionando 12V. Este controlador distribuye la energía hacia dos reguladores de voltaje: uno ajustado a 5V para alimentar el ESP32, los relés y el sensor, y otro configurado a 12V para las válvulas. Las conexiones se centralizan en una protoboard, con líneas dedicadas para los voltajes de 5V y 12V, además de una línea de tierra común para garantizar estabilidad y seguridad en el circuito (Figura24).

El flujo general de conexiones incluye: el panel solar alimentando el controlador de carga, este gestionando las baterías, y los reguladores distribuyendo los voltajes requeridos a los distintos componentes. El ESP32 gestiona las señales de activación de las válvulas según los datos de temperatura obtenidos del DS18B20. Los datos, procesados por el microcontrolador, son enviados mediante HTTP a una aplicación móvil para su visualización y control.

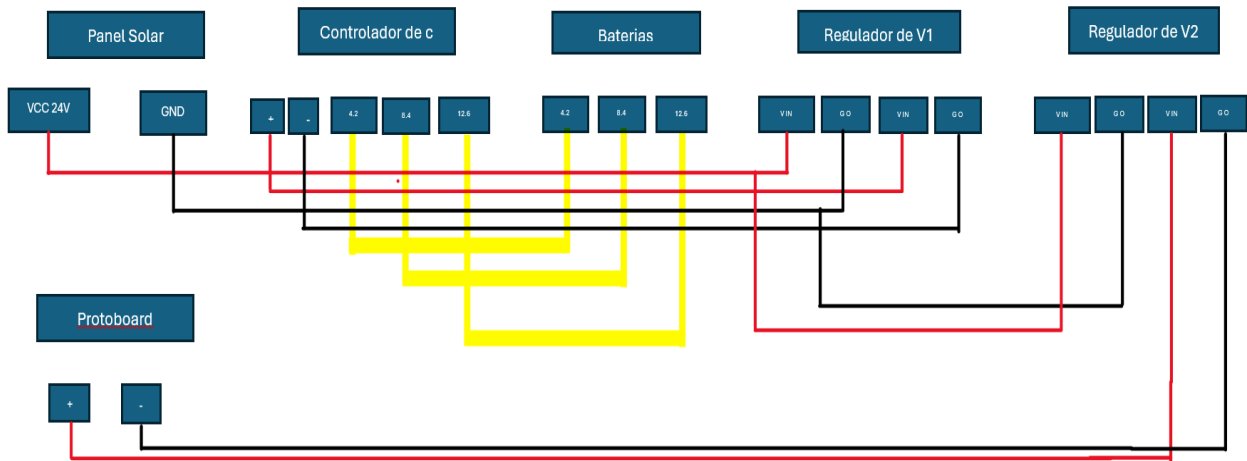


Figura 24: Diagrama de conexiones del sistema de carga

3.2 Diseño detallado

3.2.1 Desarrollo del Software (Bocetos)

Se desarrollará una aplicación móvil intuitiva en Android Studio utilizando Kotlin, que resuelva la necesidad de un sistema accesible y fácil de controlar para el usuario. La aplicación permite visualizar la temperatura del agua en tiempo real, lo cual es crucial para la toma de decisiones sobre el uso de los calentadores solares o boilers de gas, optimizando el consumo de energía. Además, la aplicación facilita el control manual de las válvulas solenoides, permitiendo abrir o cerrar las válvulas según el requerimiento del usuario, lo que responde a la necesidad de intervención directa en el sistema.

Los pasos clave en el diseño y desarrollo de la aplicación incluyeron la creación de tres interfaces principales:

Pantalla principal: Esta pantalla como se muestra en el boceto de la Figura 25, se mostrará de manera clara y visualmente atractiva la temperatura en tiempo real

proporcionada por el sensor DS18B20, así como el estado actual del sistema en los dos modos disponibles: modo solar o modo de gas. La interfaz está diseñada para facilitar el monitoreo inmediato de estas variables esenciales.

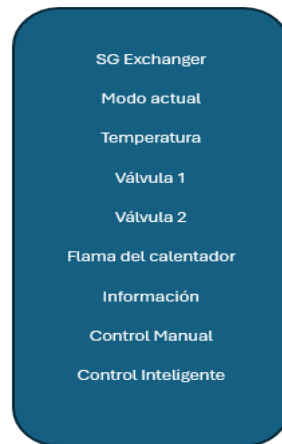


Figura 25: Boceto del diseño de la pantalla principal

Pantalla de control manual: En esta sección, como se muestra en el boceto de la Figura 26, se desarrollará una interfaz con tres botones que permiten al usuario seleccionar manualmente entre los dos modos de operación: modo solar o modo de gas. Además, en la parte inferior de la pantalla, se muestra la temperatura actual del agua del calentador solar, lo que ayuda al usuario a tomar decisiones informadas en tiempo real.

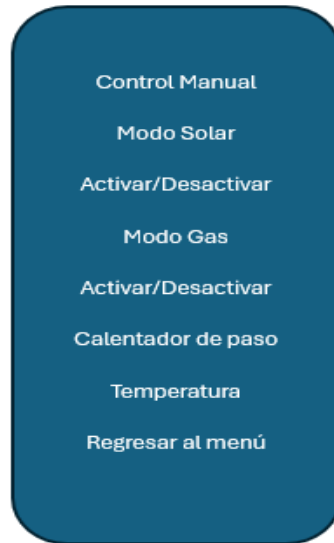


Figura 26: Boceto del diseño de la pestaña "Control Manual"

Pantalla de control inteligente: Esta pantalla como se muestra en el boceto de la Figura 27, proporciona una funcionalidad avanzada mediante la automatización del sistema. La interfaz presenta: La temperatura en tiempo real capturada por el sensor DS18B20, estado actual del sistema (modo solar o modo de gas), temporizador configurable el cual permite al usuario establecer el tiempo durante el cual desea activar el modo inteligente, botón de control que permite al usuario iniciar o desactivar el modo inteligente según sea necesario.

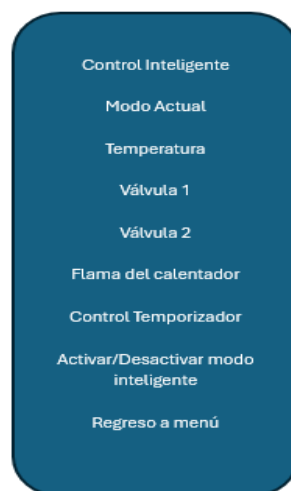


Figura 27: Boceto del diseño de la pestaña "Control Inteligente"

Pantalla de Información de la app: En esta sección como se muestra en la Figura 28, el boceto describe que aquí se integrara alguna información que tenga que ver con la app para así familiarizarse con la misma

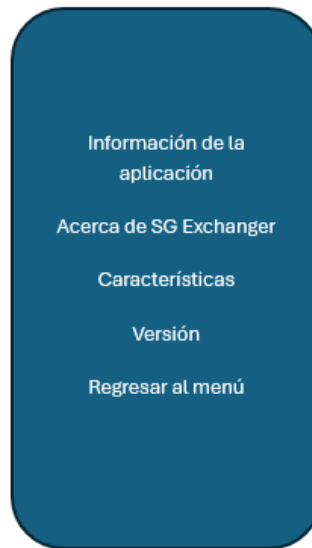


Figura 28: Boceto del diseño de la pestaña "Información"

La propuesta de diseño fue pensada en la facilidad de uso y la experiencia del usuario, asegurando una interacción intuitiva y eficiente con el sistema, adaptada a las necesidades tanto de control manual como automático y la información de la App.

3.2.2 Comunicación con el ESP32

Se utilizó el protocolo HTTP para establecer comunicación entre la aplicación móvil y el ESP32, como se muestra en el ejemplo de la Figura 29. La aplicación realiza solicitudes GET y POST al servidor HTTP alojado en el ESP32 para obtener datos de temperatura y enviar comandos para controlar las válvulas.

```

private fun disconnectToESP32Valve3(onResult: (String) -> Unit) {
    viewModelScope.launch(Dispatchers.IO) {
        val result = try {
            Log.d(tag, "ValveControl", msg, "Attempting to disconnect valve 3")
            Socket(ESP32_HOST, port80).use { socket ->
                socket.setSoTimeout(5000)

                val output = socket.getOutputStream()
                val input = BufferedReader(InputStreamReader(socket.getInputStream()))

                Log.d(tag, "ValveControl", msg, "Connected, sending request to /relay3/off")
                output.write("GET /relay3/off HTTP/1.1\r\nHost: $ESP32_HOST\r\n\r\n".toByteArray())
                output.flush()

                val responseBuilder = StringBuilder()
                var line: String?

                while (input.readLine().also { line = it } != null) {
                    responseBuilder.append(line).append("\n")
                }

                val response = responseBuilder.toString()
                Log.d(tag, "ValveControl", msg, "Received response: $response")
                response
            }
        } catch (e: Exception) {
            Log.e(tag, "ValveControl", msg, "Error disconnecting valve 3: $e")
        }
    }
}

```

Figura 29: Comunicación entre dispositivos por protocolo HTTP.

WebSockets se exploraron como una opción para la transmisión de datos en tiempo real, asegurando que las actualizaciones de temperatura y el estado de las válvulas fueran instantáneas.

3.3 Simulación

3.3.1 Herramientas de simulación utilizadas

Para verificar el correcto funcionamiento del sistema, se emplearon las siguientes herramientas de simulación:

- Proteus: Utilizado para simular las conexiones eléctricas del ESP32, relevadores y válvulas, evaluando la interacción entre los componentes hardware en un entorno virtual.
- Android Studio Emulator: Empleado para probar la funcionalidad de la aplicación móvil, incluyendo la comunicación con el ESP32 y la respuesta de los controles implementados en la interfaz.

A continuación, se describen los resultados obtenidos de las diferentes simulaciones realizadas, las cuales permitieron validar el sistema y su comportamiento conforme a las especificaciones previamente establecidas.

3.3.2 Proceso de simulación

Simulación del sensor de temperatura DS18B20: Se presenta el funcionamiento del sensor en conjunto con el módulo ESP32, asegurando la lectura y transmisión correcta de los datos de temperatura.

Como se muestra en la Figura 30, el sensor DS18B20 funcionó correctamente, transmitiendo lecturas de temperatura al ESP32 sin interrupciones. Sin embargo, se identificó la posibilidad de mejorar la estabilidad en condiciones de ruido eléctrico mediante el uso de resistencias pull-up más adecuadas. Además, se recomienda implementar un algoritmo de filtrado para eliminar posibles fluctuaciones en los datos capturados.

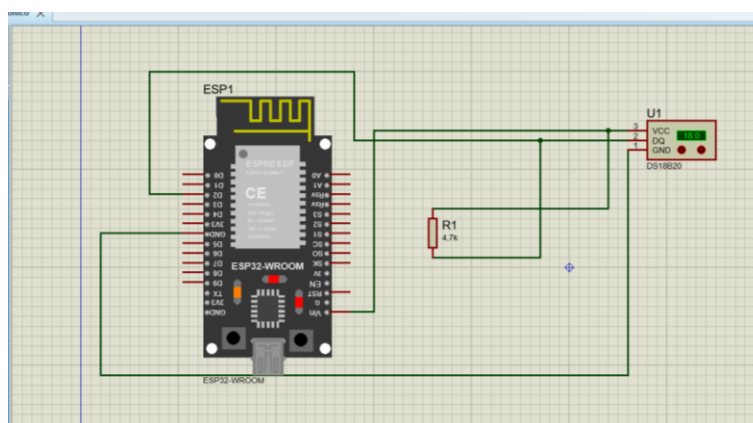


Figura 30: Simulación de sensor de temperatura Ds18b20

Simulación con relevadores: Se implementa y evalúa el comportamiento de los relevadores conectados al ESP32, verificando su activación y desactivación en respuesta a las señales enviadas. Como se muestra en la Figura 31, los relevadores respondieron de forma

precisa a las señales del ESP32, activando y desactivando las válvulas como se esperaba. No obstante, se detectó un leve retardo en la respuesta, por lo que se sugiere optimizar los tiempos de conmutación. También sería beneficioso implementar indicadores visuales adicionales para verificar el estado de cada relevador en tiempo real.

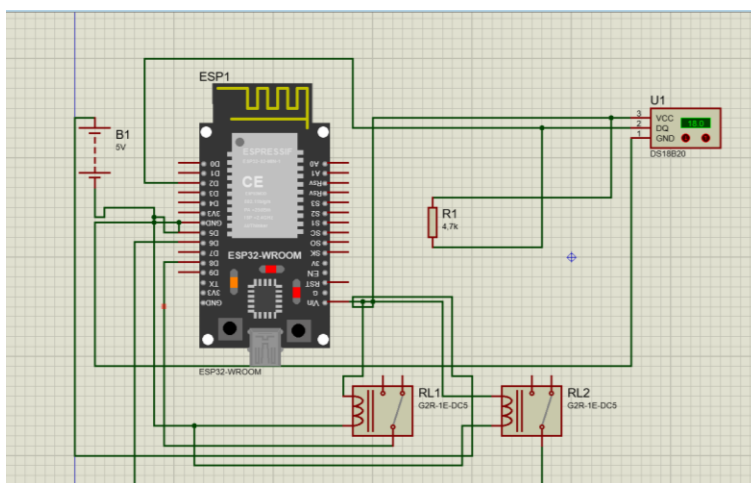


Figura 31: Simulación de sensor con relevadores

Simulación de la conexión ESP32 - Emulador de Android Studio: Se prueba la comunicación bidireccional entre el ESP32 y la aplicación móvil, evaluando la funcionalidad de los botones y su capacidad para controlar las electroválvulas de manera efectiva. La comunicación entre el ESP32 y el emulador fue exitosa, logrando controlar las válvulas mediante los botones de la aplicación como se muestra en la Figura 32. Como mejora, se propone optimizar el manejo de errores en caso de desconexión inesperada. También sería útil implementar una notificación visual o sonora en la aplicación para informar sobre el estado de la conexión.

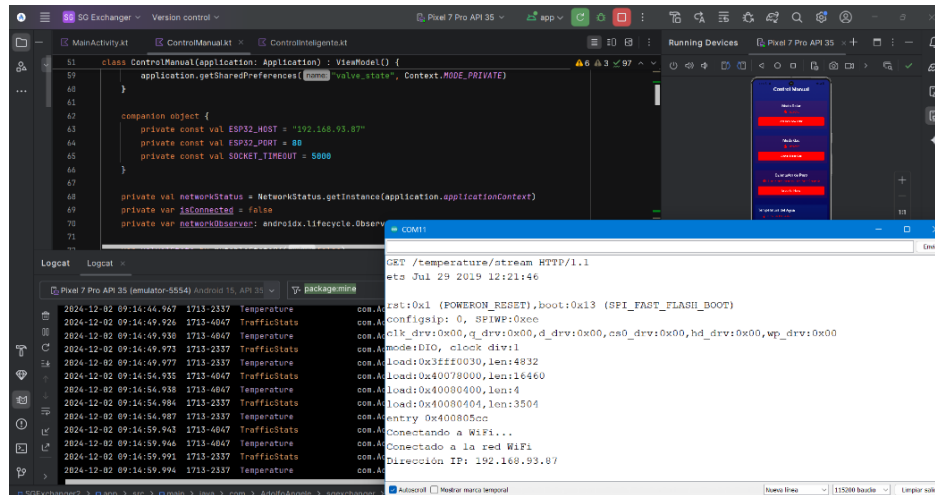


Figura 32: Comunicación entre Módulo ESP32 y Aplicación

Interfaces de la aplicación móvil: Las interfaces mostraron un diseño funcional e intuitivo, permitiendo una navegación fluida entre las secciones como se muestra en las figuras. Sin embargo, se observó que algunos elementos podrían mejorar su visualización en pantallas de menor resolución. Como mejora, se sugiere optimizar el diseño para hacerlo más responsivo, así como añadir mensajes emergentes explicativos en cada sección para mejorar la experiencia del usuario. Se presentan las simulaciones de cada una de las interfaces diseñadas para la aplicación móvil, incluyendo:

Menú principal: Muestra las opciones de navegación hacia las secciones principales. La Figura 33, muestra la interfaz de una aplicación móvil llamada SGExchanger. En la parte superior, se indica el estado del sistema con el mensaje "El Sistema No Está Activo" en un cuadro verde. Más abajo, se presentan indicadores de estado: la temperatura muestra "Error de conexión", y las válvulas del sistema solar y de gas están "Cerradas". Además, el calentador de paso indica que la flama está "Apagada". En la parte inferior hay tres botones: Información, Control Manual y Control Inteligente, para

navegar por las funciones de la aplicación. El diseño es limpio, con un fondo azul y elementos bien organizados.

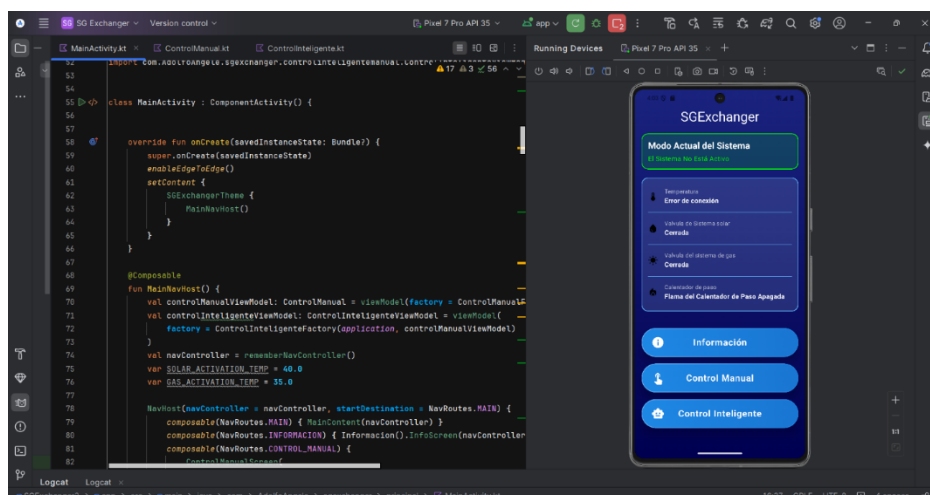


Figura 33: Interfaz Principal de SG Exchanger

Información: Ofrece detalles sobre el sistema y sus componentes (Figura 34).

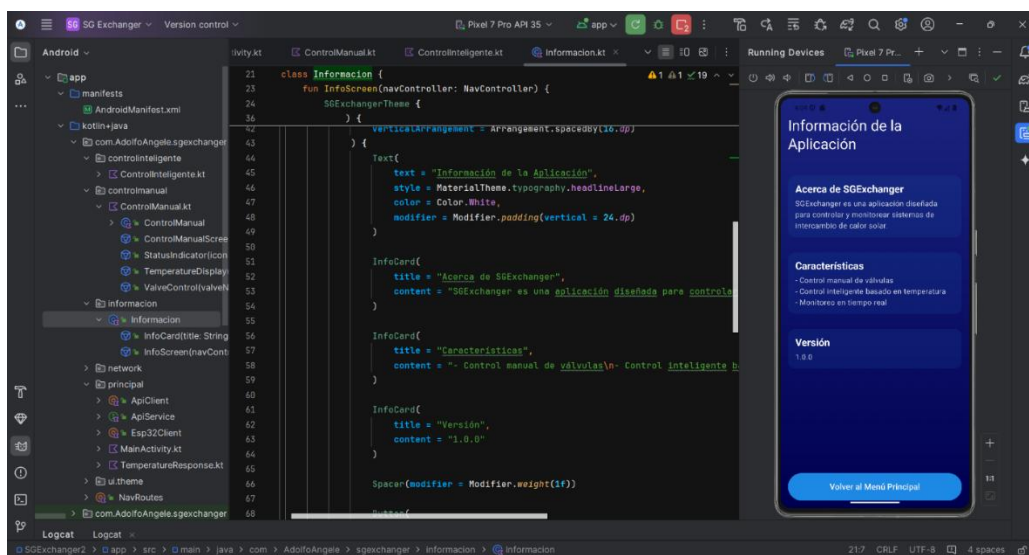


Figura 34: Interfaz de Información de SG Exchanger

Control manual: Permite el control directo de las válvulas y la visualización en tiempo real de la temperatura (Figura 35).

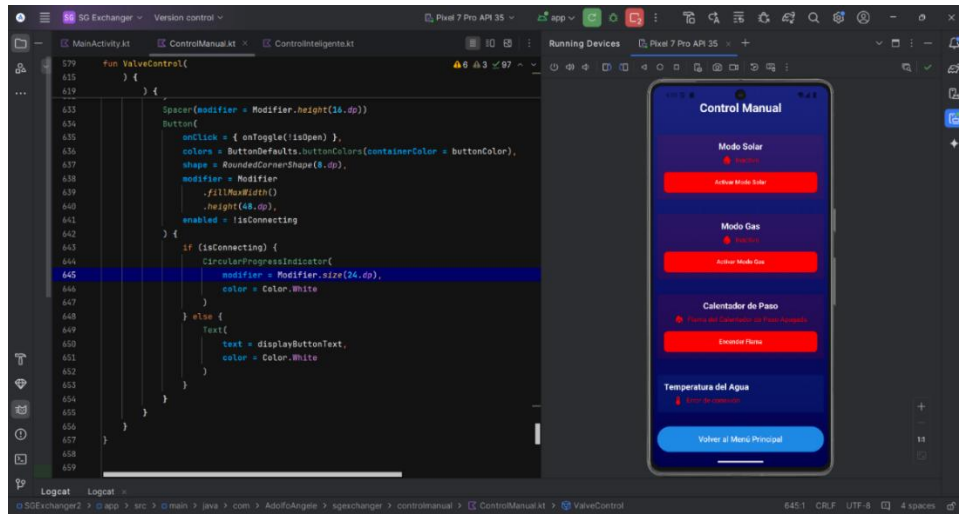


Figura 35: Interfaz de Control Manual de SG Exchanger

Control inteligente: Implementa funciones automatizadas basadas en condiciones predefinidas Figura 36.

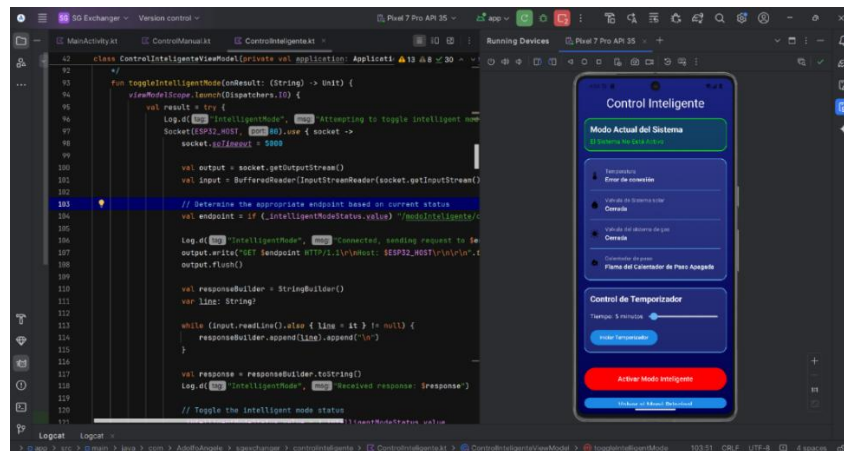


Figura 36: Interfaz de Control Inteligente de SG Exchanger

Cada simulación realizada permitió identificar posibles mejoras y confirmar que el sistema opera de manera adecuada bajo las condiciones esperadas.

3.4 Implementación o Prototipado

El proceso de implementación o prototipado consistió en la integración de los diferentes componentes electrónicos y mecánicos que conforman el sistema como se muestra en la Figura 37.

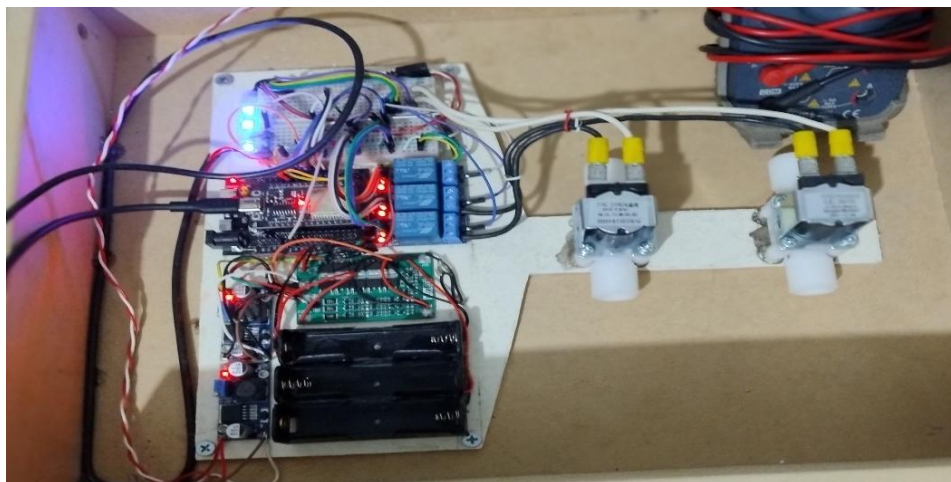


Figura 37: Sistema integrado

A continuación, se detalla el material empleado y los pasos seguidos para construir el prototipo funcional.

3.4.1 Materiales Implementados:

Los materiales seleccionados fueron los siguientes:

- **ESP32 Wroom32:** Microcontrolador principal encargado de gestionar las señales provenientes del sensor, controlar las válvulas y comunicarse con la aplicación móvil.
- **Sensor DS18B20:** Sensor de temperatura digital utilizado para medir la temperatura del agua con alta precisión.
- **Válvulas solenoides (2 unidades):** Actuadores responsables de controlar el flujo de agua en función de las señales del ESP32.

- **Relevadores (3 unidades):** Utilizados para conmutar las válvulas solenoides y el calentador de gas de manera segura.
- **Panel solar (10W):** Fuente de energía renovable destinada a alimentar el sistema en conjunto con las baterías.
- **Baterías 18650 (3 unidades):** Almacenamiento de energía que asegura la autonomía del sistema incluso en condiciones de baja radiación solar.
- **Reguladores de voltaje (2 unidades):** Mantienen un voltaje estable para los componentes electrónicos, protegiéndolos contra fluctuaciones.

3.4.2 Proceso de Construcción:

Se diseñaron y ensamblaron los circuitos utilizando una protoboard para facilitar el montaje y pruebas. Los componentes fueron conectados de acuerdo con el diagrama esquemático del sistema. La construcción del prototipo se llevó a cabo siguiendo los pasos detallados a continuación:

Conexión del sensor DS18B20

El sensor de temperatura fue integrado al ESP32 como se muestra en la Figura 38. Mediante su interfaz digital se realizó la calibración de las lecturas para asegurar datos precisos.

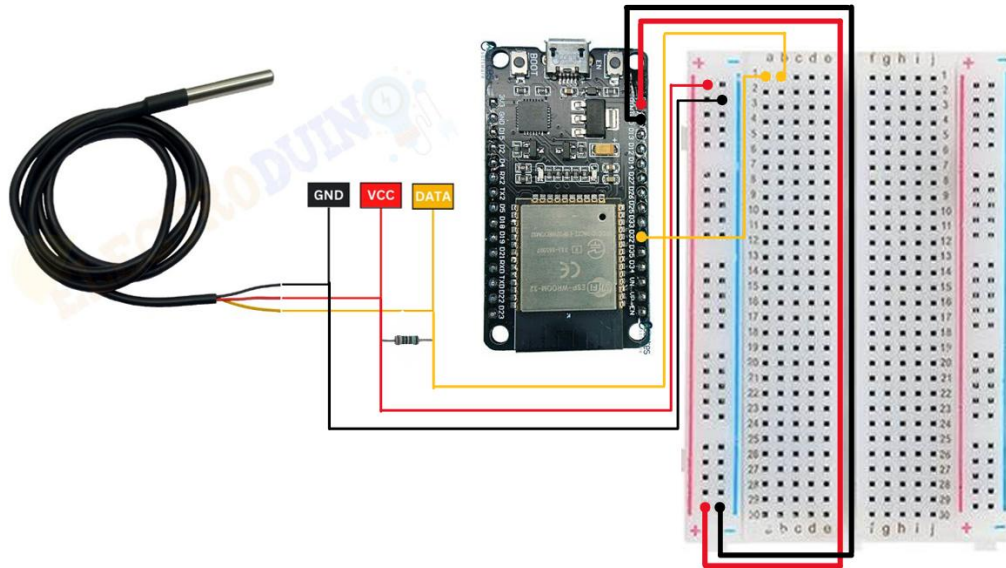


Ilustración 38: Conexión del sensor DS18B20

Integración del ESP32 con relevadores y válvulas

Se establecieron las conexiones entre el ESP32, los relevadores y las válvulas solenoides como se muestra en la Figura 39, asegurándose de que cada componente respondiera correctamente a las señales del microcontrolador. Después en la Figura 40, se integró el sistema de carga solar.

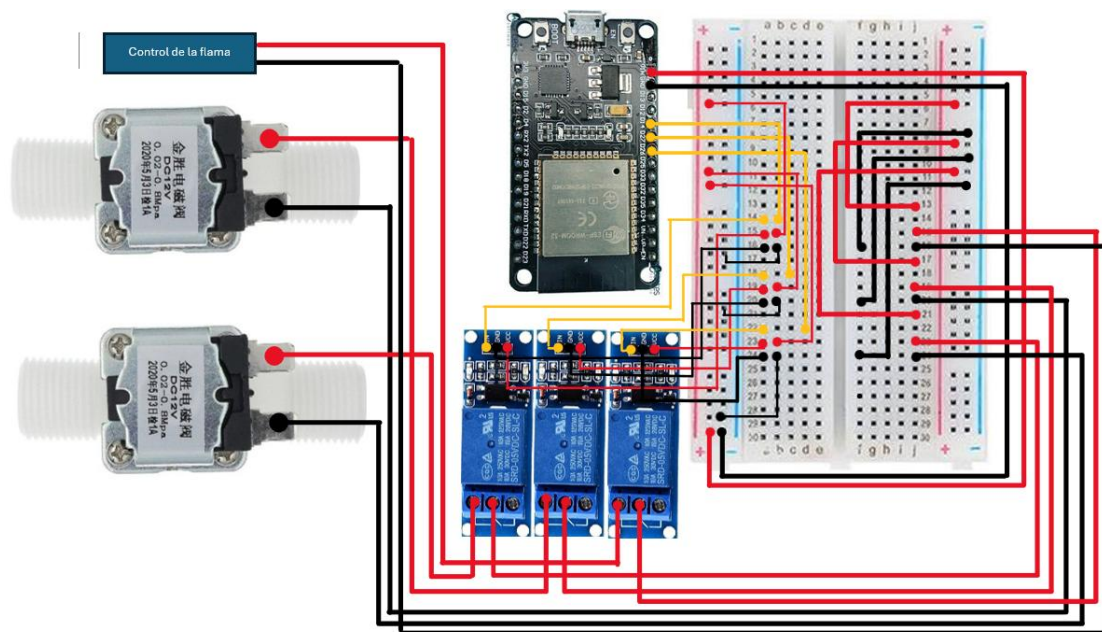


Ilustración 39: Conexiones de relevadores y valvulas

Integración del sistema de carga solar

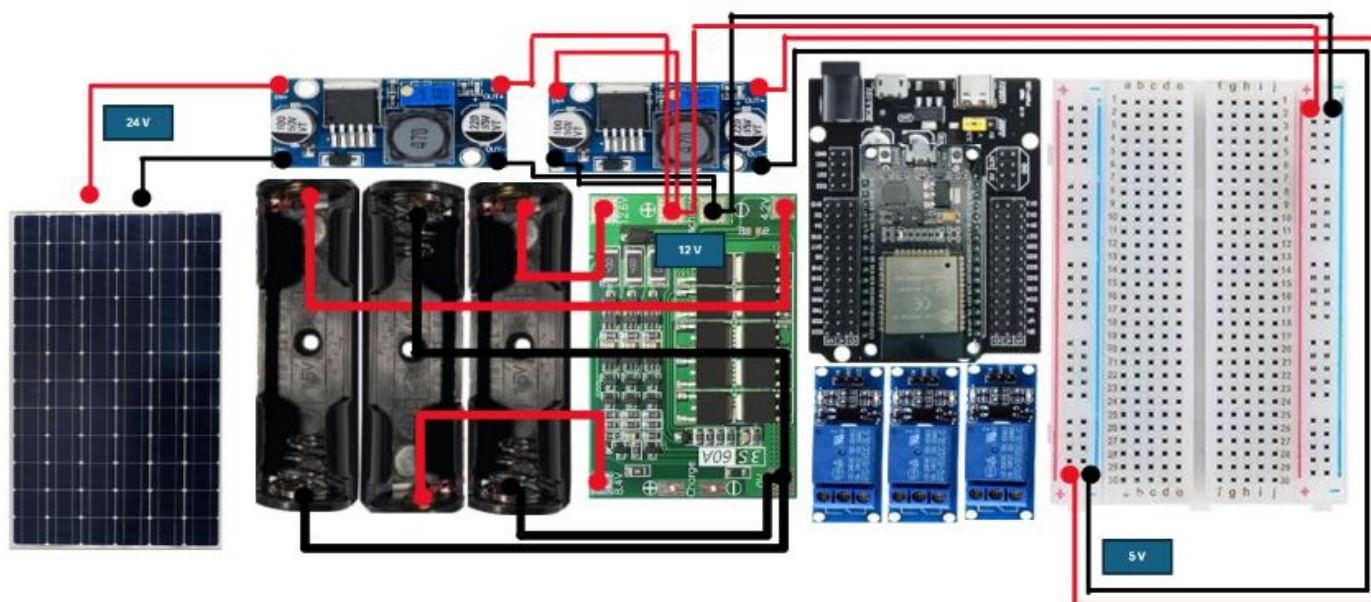
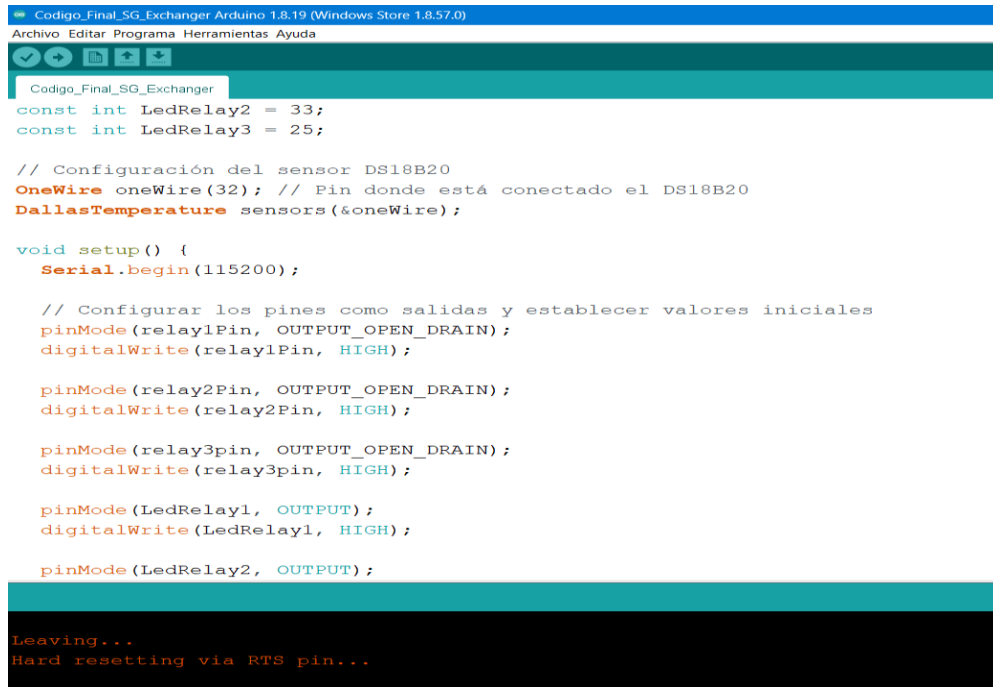


Ilustración 40: Conexiones del sistema de carga solar

Programación del sistema

Se desarrolló el código necesario para que el ESP32 controle las válvulas según la temperatura registrada y las órdenes enviadas desde la aplicación móvil. También se

configuró la comunicación por WiFi entre el ESP32 y la aplicación para garantizar un control remoto eficiente (Figura 38).

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The title bar indicates the file is 'Codigo_Final_SG_Exchanger' and the version is 'Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.57.0)'. The menu bar includes 'Archivo', 'Editar', 'Programa', 'Herramientas', and 'Ayuda'. The toolbar shows icons for opening, saving, and running. The code editor contains the following code:

```
Codigo_Final_SG_Exchanger
const int LedRelay2 = 33;
const int LedRelay3 = 25;

// Configuración del sensor DS18B20
OneWire oneWire(32); // Pin donde está conectado el DS18B20
DallasTemperature sensors(&oneWire);

void setup() {
  Serial.begin(115200);

  // Configurar los pines como salidas y establecer valores iniciales
  pinMode(relay1Pin, OUTPUT_OPEN_DRAIN);
  digitalWrite(relay1Pin, HIGH);

  pinMode(relay2Pin, OUTPUT_OPEN_DRAIN);
  digitalWrite(relay2Pin, HIGH);

  pinMode(relay3pin, OUTPUT_OPEN_DRAIN);
  digitalWrite(relay3pin, HIGH);

  pinMode(LedRelay1, OUTPUT);
  digitalWrite(LedRelay1, HIGH);

  pinMode(LedRelay2, OUTPUT);
```

The console window at the bottom shows the output: 'Leaving...' and 'Hard resetting via RTS pin...'.

```
Leaving...
Hard resetting via RTS pin...
```

Figura 41: Desarrollo del código en Arduino

El proceso de implementación permitió construir un prototipo funcional que integra con éxito todos los componentes del sistema. Este prototipo es capaz de realizar tareas como la medición de temperatura, el control manual y automático de las válvulas, y la comunicación con la aplicación móvil. Se recomienda realizar pruebas adicionales en condiciones reales para validar la estabilidad y eficiencia del sistema.

3.5 Pruebas o Testing

3.5.1 Diseño de Pruebas de Subsistemas

Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema, se han diseñado cinco pruebas específicas que abarcan cada uno de los componentes principales del subsistema. A continuación, se detalla el procedimiento para cada prueba:

Prueba del sistema de carga solar

El objetivo de esta prueba es verificar que el sistema de carga solar funcione correctamente y proporcione la energía requerida para alimentar los componentes del sistema.

Procedimiento:

1. Conectar el panel solar de 24V al regulador de voltaje.
2. Utilizar un multímetro para medir la salida del regulador y confirmar que reduce el voltaje a 12V.
3. Conectar los 12V a la placa de carga de 3 celdas a 4A y medir con el multímetro que las baterías 18650 se estén cargando correctamente.
4. Una vez cargadas, usar el multímetro para verificar que las baterías en serie proporcionen un voltaje de 12V al banco de energía.
5. Comprobar con el multímetro que la salida de la placa entrega 12V a un lado de la protoboard y que esta alimentación llega correctamente a las electroválvulas.
6. Medir con el multímetro la salida del segundo regulador de voltaje, asegurando que reduzca de 12V a 5V para alimentar el otro lado de la protoboard, el microcontrolador ESP32 (PIN VIN) y los tres relevadores.

Prueba del sensor de temperatura DS18B20

El objetivo es confirmar que el sensor DS18B20 mide y envía la temperatura correctamente al software.

Procedimiento:

1. Conectar el sensor DS18B20 al ESP32 en el pin configurado.
2. Abrir el software Arduino IDE y cargar el código correspondiente para leer la temperatura.
3. Monitorizar la salida en el Monitor Serial y confirmar que se registre la temperatura de manera precisa y en tiempo real.
4. Usar un termómetro externo como referencia para validar la lectura del sensor DS18B20.

Prueba de señales del microcontrolador a los relevadores

Esta prueba busca garantizar que el microcontrolador ESP32 envíe las señales adecuadas a los relevadores.

Procedimiento:

1. Cargar el código en el ESP32 para enviar señales a los pines configurados (14, 26 y 27).
2. Conectar los relevadores a los pines correspondientes.
3. Utilizar un multímetro para medir el voltaje en los pines de salida del ESP32 y verificar que envían señales HIGH (3.3V) o LOW (0V) correctamente.
4. Activar cada señal desde el código y confirmar que los relevadores respondan adecuadamente (audible o visualmente, según el módulo de relevador).

Prueba de funcionamiento de las electroválvulas

El objetivo es comprobar que los relevadores alimenten y activen correctamente las electroválvulas.

Procedimiento:

1. Conectar cada electroválvula a su respectivo relevador.
2. Usar un multímetro para verificar que al activarse el relevador se entrega el voltaje necesario para alimentar la electroválvula.
3. Enviar una señal desde el ESP32 para activar el relevador correspondiente.
4. Confirmar que, al activarse el relevador, la electroválvula se abre y permite el paso del fluido.
5. Verificar que, al desactivar el relevador, el voltaje se corte y la electroválvula se cierre correctamente.

Prueba de la aplicación móvil

El propósito de esta prueba es validar que la aplicación móvil responde correctamente a las configuraciones del sistema y que las lecturas se muestran adecuadamente.

Procedimiento:

1. Instalar la aplicación móvil desarrollada en el dispositivo correspondiente.
2. Conectar la aplicación al sistema mediante la red WiFi local.
3. Presionar los botones de configuración de calentador de paso y calentador de gas y verificar que el sistema responda correctamente (por ejemplo, activando las electroválvulas y relevadores).
4. Confirmar con un multímetro que las señales de los relevadores correspondan a las órdenes enviadas desde la aplicación.

5. Validar que la pantalla de la aplicación muestre correctamente la temperatura registrada por el sensor DS18B20.

3.5.2 Diseño de Pruebas de Integración

El objetivo de estas pruebas fue verificar el funcionamiento conjunto de todos los subsistemas que componen el sistema automatizado, asegurando que interactúan de manera precisa y confiable bajo diferentes condiciones.

Procedimiento de integración:

Se conectaron todos los subsistemas, incluyendo el microcontrolador ESP32, el sensor de temperatura DS18B20, las válvulas, los relevadores, el panel solar y la aplicación móvil desarrollada en Android Studio.

Se configuraron distintos escenarios de prueba que simulaban variaciones en la temperatura del agua y diferentes condiciones ambientales, evaluando el comportamiento del sistema en cada caso.

Pruebas realizadas:

Prueba 1: Control manual desde la aplicación móvil

Descripción: Se probó la funcionalidad del control manual desde la aplicación móvil, verificando la activación y desactivación de las válvulas mediante los botones diseñados en la sección de Control Manual.

Resultado: El sistema respondió de manera precisa a las órdenes enviadas desde la aplicación móvil como se muestra en la Figura 39. Las válvulas se activaron y desactivaron sin errores, demostrando una correcta comunicación entre el ESP32 y la aplicación.

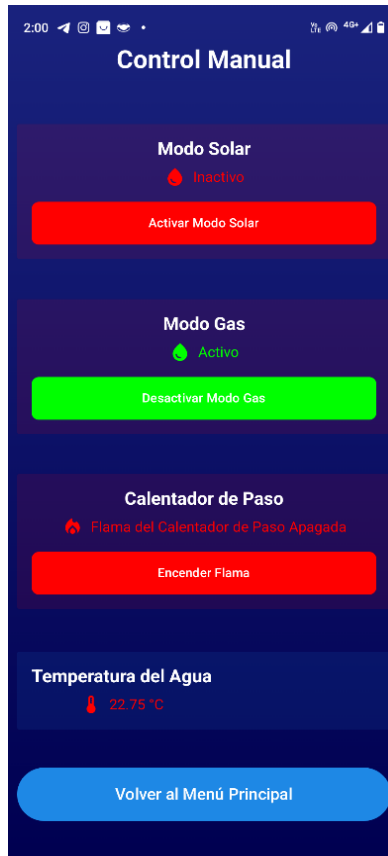


Figura 42: Respuesta de botones en la aplicación de Android Estudio

Prueba 2: Alternancia automática en función de la temperatura

Descripción: Se probó el funcionamiento del sistema de alternancia automática, en el cual las válvulas cambian entre el calentador solar y el boiler de gas dependiendo de la temperatura registrada por el sensor DS18B20 (Figura 40).

Resultado: El sistema realizó una alternancia fluida entre las dos fuentes de calor. Cuando la temperatura registrada era baja, se activó el boiler de gas; al aumentar la temperatura, se redirigió el flujo hacia el calentador solar.



Figura 43: Cambio automático de válvulas en el control Inteligente

3.5.3 Pruebas de Alimentación del Panel Solar

Las pruebas de alimentación del panel solar consistieron en verificar su capacidad para suministrar energía suficiente al sistema como se muestra en la Figura 41. Durante las pruebas, el panel solar fue expuesto a diferentes condiciones de luz natural para evaluar su rendimiento. Se observó que, en condiciones de luz óptima, el panel generó el voltaje esperado, permitiendo cargar las baterías sin interrupciones. Sin embargo, en días nublados, la potencia disminuyó ligeramente, lo que sugiere que sería útil considerar un panel de mayor capacidad para garantizar un suministro más estable en condiciones adversas.

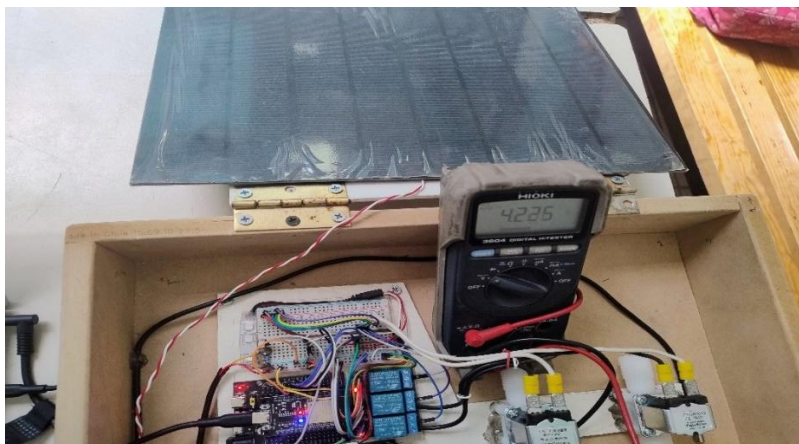


Figura 44: Prueba de voltaje a panel solar

3.5.4 Pruebas del Regulador de Voltaje para el Banco de Baterías

En las pruebas del regulador de voltaje para el banco de baterías, se verificó que este dispositivo estabilizara la salida de energía, evitando fluctuaciones que pudieran dañar los componentes conectados. Se conectó el regulador al panel solar y al banco de baterías como se muestra en la Figura 42, observándose que mantenía un voltaje constante de 3.7V por celda, protegiendo el sistema frente a sobrecargas. Sin embargo, durante periodos de carga alta, el regulador se calentó levemente, por lo que se consideró la posibilidad de añadir un disipador térmico para mejorar su rendimiento.

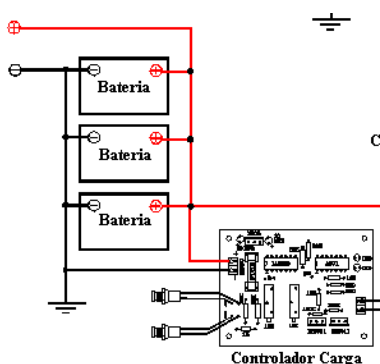


Figura 45: Diagrama de conexiones para controlador de carga

3.5.5 Pruebas del Regulador de Voltaje del ESP32

Las pruebas del regulador de voltaje (Figura 43) del ESP32 fueron clave para garantizar que el microcontrolador operara de manera estable. Este regulador fue evaluado bajo diferentes niveles de carga para comprobar que mantuviera los 3.3V requeridos por el ESP32. Los resultados mostraron un desempeño óptimo, sin caídas de voltaje, incluso cuando otros componentes como los relevadores y el sensor estaban activos simultáneamente. Sin embargo, se identificó que, en momentos de picos de corriente, el regulador mostró ligeras oscilaciones, lo que podría solventarse con la adición de un capacitor más grande.

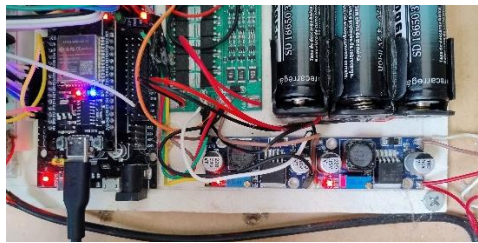


Figura 46: Conexión del esp32 con regulador de voltaje

3.5.6 Pruebas de Señales de Salida del ESP32 hacia los Relevadores

En las pruebas de señales de salida del ESP32 hacia los relevadores, se evaluó la capacidad del microcontrolador para enviar señales de control precisas a los relevadores que activan las válvulas y otros dispositivos. Se programaron distintos escenarios de prueba, enviando señales HIGH y LOW desde el ESP32 como se muestra en la Figura 44. Los relevadores respondieron correctamente en cada caso, activándose y desactivándose con rapidez. No obstante, se detectó un leve retardo en la respuesta cuando se enviaban múltiples comandos en rápida sucesión, lo que podría optimizarse ajustando la lógica del código.

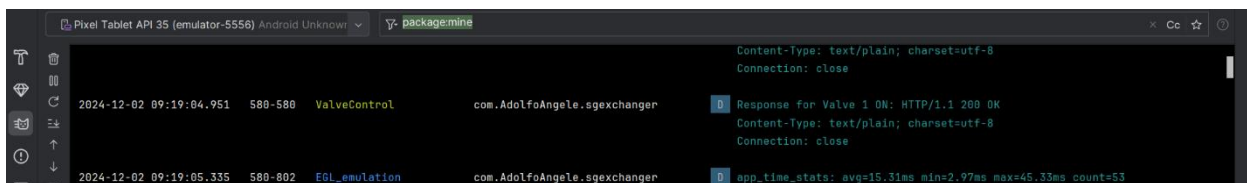


Figura 47: Confirmación respuesta entre conexiones

3.5. Pruebas de Funcionamiento de las Válvulas

Las pruebas de funcionamiento de las válvulas verificaron la apertura y cierre de estas mediante las señales controladas por el ESP32. Se realizaron pruebas con diferentes condiciones de temperatura y órdenes desde la aplicación móvil. Las válvulas respondieron adecuadamente, regulando el flujo de agua según las configuraciones establecidas.

Estos resultados confirman que los componentes del sistema trabajan de manera conjunta de forma eficiente, aunque algunas mejoras adicionales podrían garantizar un desempeño más robusto en condiciones exigentes.

Capítulo IV: Resultados y Conclusiones

El presente capítulo presenta los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto, así como las conclusiones derivadas del cumplimiento de los objetivos planteados. Los resultados se encuentran directamente vinculados con los objetivos específicos, mostrando cómo cada uno fue alcanzado mediante las fases de diseño, implementación y validación. Por su parte, las conclusiones reflejan el logro del objetivo general, destacando las implicaciones técnicas, económicas y ambientales del sistema desarrollado.

4.1 Resultados

A lo largo del desarrollo de este proyecto, se desarrollaron y alcanzaron los objetivos específicos planteados de la siguiente manera:

Establecer las especificaciones técnicas para integrar los componentes hardware (ESP32, sensores, válvulas, etc.) con el software (aplicación móvil), asegurando una comunicación eficiente en la red local.

Se inició la integración del sistema con un enfoque en los componentes hardware, como el microcontrolador ESP32, el sensor de temperatura DS18B20 y las válvulas solenoides, junto con el software de la aplicación móvil. En esta etapa, se investigaron las condiciones climáticas, como la radiación solar y la temperatura ambiente, para definir los umbrales de temperatura que permitirían una conmutación eficiente entre el calentador solar y el boiler de gas. Asimismo, se estudió el funcionamiento de los sistemas de calefacción solar y de paso, garantizando la compatibilidad con la automatización. Sin embargo, al principio hubo complicaciones en la configuración de la comunicación entre dispositivos, lo

que requirió ajustes en el hardware y la red local para asegurar una comunicación eficiente y estable.

Elaborar el diseño detallado del sistema, incluyendo la configuración de hardware y la interfaz de usuario en la aplicación móvil.

En esta fase se desarrolló el diseño detallado del sistema, que incluyó la configuración de hardware y la interfaz de usuario. El ESP32 se configuró para gestionar los sistemas de calefacción, y la interfaz en Android Studio fue diseñada para ofrecer a los usuarios el control total del sistema, permitiendo monitorear la temperatura del agua y alternar entre las fuentes de calefacción. Durante el desarrollo, surgieron complicaciones con la fluidez de la aplicación y la interacción con el hardware. Sin embargo, después de un proceso de depuración y optimización, se logró una interfaz intuitiva y funcional. La interfaz fue simplificada para que los usuarios sin experiencia en tecnología pudieran operar el sistema fácilmente.

Validar el comportamiento del sistema mediante simulaciones para prever su rendimiento y optimizar parámetros antes de la implementación física.

Para validar el comportamiento del sistema antes de la implementación física, se desarrolló un algoritmo en el ESP32 basado en datos de temperatura y el estado de las válvulas. Este algoritmo se simuló en diversas condiciones para optimizar sus parámetros y evaluar su rendimiento. Aunque la simulación fue en su mayoría exitosa, se identificaron áreas de mejora relacionadas con el tiempo de respuesta del sistema ante fluctuaciones de temperatura y fallos de sensores. Estos problemas se resolvieron mediante ajustes en la lógica

del algoritmo, mejorando su capacidad para manejar situaciones imprevistas, y garantizando que el sistema priorizara la energía solar sobre el gas para maximizar la eficiencia.

Construir el prototipo funcional, integrando el ESP32 con la aplicación móvil y los componentes físicos, y estableciendo la red local para la comunicación.

El prototipo funcional se construyó integrando todos los componentes físicos (ESP32, sensores, válvulas, paneles solares) con la aplicación móvil para su monitoreo y control. La red local se configuró para permitir una comunicación estable entre los dispositivos y la aplicación. Durante la integración, surgieron problemas con la sincronización de los dispositivos y la estabilidad de la red local. Inicialmente, hubo interrupciones en la comunicación, pero estos problemas se resolvieron mediante ajustes en las conexiones y en la configuración de la red. Tras estas correcciones, el prototipo comenzó a funcionar de manera eficiente, con la aplicación móvil comunicándose correctamente con los componentes del sistema.

Realizar pruebas del sistema para verificar la comunicación, el control de válvulas y la medición de temperatura, corrigiendo errores antes de la implementación final.

Las pruebas fueron fundamentales para validar el sistema en su totalidad. Se verificó la comunicación entre dispositivos, la precisión de la medición de temperatura y el control de las válvulas. Durante las pruebas iniciales, se detectaron fallos en el control de las válvulas, que no respondían correctamente a las señales enviadas desde la aplicación. Este problema fue causado por errores en la configuración de las conexiones físicas y del código. Tras realizar ajustes en el sistema, se logró que las válvulas respondieran adecuadamente. También se realizaron pruebas de rendimiento, asegurando que el sistema pudiera alternar

entre las fuentes de energía solar y gas según las condiciones de temperatura. Las pruebas concluyeron con la corrección de errores y la optimización del sistema, garantizando su funcionamiento eficiente y fiable.

4.2 Conclusiones

En conclusión, el proyecto cumplió exitosamente con el objetivo general de desarrollar una interfaz electrónica inteligente que automatice la conmutación entre calentadores solares y de gas, gestionada mediante una conexión wifi y se implementó una aplicación IoT.

La solución implementada demostró ser eficiente, viable y completamente autónoma, logrando optimizar el uso de energía solar y reducir el consumo de gas en escenarios reales. La integración de tecnologías como el ESP32, el sensor DS18B20, las válvulas solenoides, y la aplicación móvil, permitió alcanzar un sistema funcional que responde de manera autónoma a las condiciones ambientales.

Gracias al sistema de carga solar, el proyecto se posiciona como una solución sostenible que no depende de la red eléctrica para operar. Esto garantiza no solo un impacto positivo en la eficiencia energética y la sostenibilidad ambiental, sino también un alto grado de adaptabilidad a entornos diversos y remotos.

Este proyecto no solo mejora la eficiencia energética y la sostenibilidad en el uso doméstico y comercial del agua caliente, sino que también sienta las bases para futuras implementaciones en otros sistemas de gestión energética. Además, la combinación de autonomía energética y control remoto asegura un impacto positivo tanto en la economía de los usuarios como en la reducción de emisiones de CO₂, alineándose con los objetivos de sostenibilidad ambiental.

Capítulo V: Competencias desarrolladas y/o aplicadas

5.1 Competencias técnicas

Se integraron sistemas electrónicos complejos utilizando el microcontrolador ESP32, sensores, válvulas y relevadores, junto con paneles solares y reguladores de voltaje para garantizar la autonomía energética. Asimismo, se desarrolló una aplicación móvil en Android Studio, empleando Kotlin, que permite el control remoto mediante protocolos HTTP. Las simulaciones previas al prototipado aseguraron un funcionamiento óptimo del sistema.

5.2 Competencias analíticas

Se abordaron y resolvieron problemas técnicos, como la mitigación de ruido eléctrico y fluctuaciones en datos de sensores, optimizando la estabilidad del sistema. Además, se

analizaron datos de temperatura en tiempo real para automatizar la alternancia entre fuentes de calor, logrando un uso eficiente de los recursos energéticos.

5.3 Competencias de gestión y comunicación

El proyecto fue gestionado siguiendo una estructura organizada, cumpliendo plazos y optimizando recursos. La colaboración interdisciplinaria con asesores y expertos enriqueció el diseño. Además, la documentación técnica asegura la reproducibilidad y comprensión del sistema.

5.4 Competencias éticas y personales

Se priorizó la sostenibilidad ambiental, promoviendo el uso de energía solar para reducir emisiones de CO₂. Este enfoque demuestra responsabilidad social, innovación y disposición para el aprendizaje continuo, destacando el impacto positivo del sistema en hogares y establecimientos.

Referencias

- Alejandro. (2023, 6 de octubre). Cómo funciona un calentador solar: todo lo que necesitas saber. KalorSol. <https://kalorsol.com/como-funciona-un-calentador-solar-todo-lo-que-necesitas-saber/>
- Babar, M. A., Lee, W., & Kim, S. (2021). Analysis of electromagnetic control in solenoid valves for fluid control applications. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 11(6), 5610–5616. <https://doi.org/10.11591/ijece.v11i6.21056>

- Basengreen. (n.d.). How to calculate photovoltaic solar panel power. Recuperado el 12 de diciembre de 2024, de <https://www.basengreen.com/es/how-to-calculate-photovoltaic-solar-panel-power/>
- Boilersycalentadores. (2020, 30 de noviembre). Qué es un boiler o calentador de agua. Boiler.mx | H2O TEK. <https://boiler.mx/que-es-un-boiler-o-calentador-de-agua/>
- Butler, L., & Gupta, S. (2022). Mobile app development with Android Studio: Practical and real-world applications. *Tech Journal of Mobile Computing*, 24(3), 45-67. <https://doi.org/10.1000/techjournal.2022.003>
- Butt, M. A., Ashraf, M. A., & Ahmed, M. (2023). Design and optimization of low-voltage solenoid valves for automated systems. *Journal of Applied Engineering Sciences*, 13(1), 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.jaes.2023.01.003>
- Calefacción Expert. (s.f.). Los calentadores híbridos y su eficiencia. Recuperado el 29 de octubre de 2024, de <https://calefaccionexpert.com>
- Cegarra Sánchez, J. (2004). Metodología de la investigación científica y tecnológica. Madrid: Ediciones Díaz de Santos. ISBN: 978-84-7978-624-3.
- Chen, H., & Wang, J. (2023). Advances in MPPT charge controllers for photovoltaic systems. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 30(7), 4535-4542. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2023.252231>
- Chen, Y., Li, H., & Huang, Z. (2021). Design and implementation of high-power lithium-ion battery management systems. *International Journal of Battery Management*, 12(3), 45-67. <https://doi.org/10.1016/j.ijbm.2021.000045>

- Chongqing Zhongdu Network Technology Co., Ltd. (2015). A kind of water heater control system based on Internet of Things (Patente No. CN 106766208 A). República Popular China Oficina Estatal de Propiedad Intelectual.
- Departamento de Energía de los EE.UU. (DOE). (2023). Fundamentals of Photovoltaic Systems. <https://energy.gov>
- Dutta, P. (2021). Android Studio development essentials. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Fernández, J. L., & Pérez, M. (2021). Análisis técnico y económico de sistemas híbridos de calefacción para viviendas unifamiliares. *Energies*, 14(1), 178. <https://doi.org/10.3390/en14010178>
- Gao, Y., Bai, S., Zeng, X., Ning, H., & Yang, L. T. (2018). Un códec de red IoT energéticamente eficiente para la computación omnipresente inteligente. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(5), 2180-2190. <https://doi.org/10.1109/TII.2018.2789442>
- García, J., & Torres, J. (2021). Proyectos IoT con ESP32. Packt Publishing.
- Google. (2023). Android Studio: Official IDE for Android development. Android Developer. <https://developer.android.com/studio>
- Guangdong Vanward Gas Appliance Co., Ltd. (2016). Solar-assisted gas water heater temperature control system (Patent No. CN 206207750 U). State Intellectual Property Office of the People's Republic of China.

- Hernández, A., & Martínez, M. (2019). Diseño e implementación de un sistema híbrido de calentamiento de agua utilizando energía solar y gas. *Ingeniería Mecánica*, 22(3), 152-161.
- Hong, L., Yuchuan, Z., & Chenguang, L. (2012). Sistema de calefacción de agua con conversión automática solar y de gas. CN203146055U. Oficina de Patentes de China. Publicado el 2 de enero de 2013.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (s.f.). Inventario Nacional de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero>
- INEGI (2023). Uso de calentadores solares en México. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx>
- Jiang, X., & Gao, Y. (2020). Control strategies for solenoid valves in automation applications: A comprehensive review. *Advances in Mechanical Engineering*, 12(5), 1-10. <https://doi.org/10.1177/1687814020914562>
- Jiménez, A., Huelsz, G., Barrera, E., & Lira, L. (2018). Thermal performance of hybrid solar water heaters. *Energy Procedia*, 148, 1050-1057. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.08.023>
- Kalogirou, S. A. (2004). Solar thermal collectors and applications. *Progress in Energy and Combustion Science*, 30(3), 231-295. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2004.02.001>
- Kumar, L., Hasanuzzaman, M., Rahim, N. A., & Islam, M. M. (2021). Modelado, simulación y análisis de rendimiento experimental al aire libre de un sistema de calentamiento de

- proceso asistido por energía solar para calor de proceso industrial. *Renewable Energy*, 164, 656-673.
- Li, X., Huang, J., & Sun, X. (2023). High-performance lithium-ion batteries with silicon-based anodes: Challenges and advancements. *Journal of Electrochemical Science*, 17(9), 890-901. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2023.08.012>
- Li, S. C., & Ji, L. (2014). A kind of gas heater that can be connected with solar water heater (Patente No. CN 204187851 U). República Popular China Oficina Estatal de Propiedad Intelectual.
- López, J., & Sánchez, M. (2020). Evaluación del desempeño de un sistema híbrido de calentamiento de agua usando energía solar y gas. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 19(3), 1119-1131. <https://doi.org/10.24275/rmiq/Ener2071>
- Ma, J., He, R., & Yuan, L. (2022). Power control and battery protection in renewable energy applications. *Energy Storage Systems Review*, 19(2), 100-115. <https://doi.org/10.1016/j.essr.2022.100115>
- Martínez, A., & López, J. (2022). Dominar el ESP32: Cree proyectos de Wi-Fi, Bluetooth e IoT. Packt Publishing.
- Megawatt. (2023). Eficiencia de placas solares en climas variables: estudio comparativo. <https://megawatt.es/eficiencia-de-placas-solares-en-climas-variables-estudio-comparativo/>
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings*, 40(3), 394-398. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.03.007>

- Portillo, A. L. (2022, 23 de noviembre). Energía solar en México: su potencial y aprovechamiento. Centro de Investigación Económica y Presupuestaria (CIEP). <https://ciep.mx/energia-solar-en-mexico-su-potencial-y-aprovechamiento/>
- Purohit, P., & Michaelowa, A. (2008). Potentials and barriers for solar water heating in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(6), 1557-1573. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2007.01.013>
- Qiqiang, H. & Jingdong, H. (2000). Calentador de agua con conversión automática de energía solar y combustión de gas. CN201527033U. Oficina de Patentes de Zhongshan. Publicado el 28 de octubre de 2009.
- Ramachandran, R., & Kartha, G. S. (2020). Sistema de gestión de agua basado en IoT utilizando ESP32. *Materiales Hoy: Actas*, 33, 2488-2493. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.568>
- Rodríguez, J. A., & Castillo, J. A. (2020). Diseño e implementación de un sistema de control para un calentador de agua solar. *Revista Científica*, 37(2), 169-182.
- Robots Argentina. (n.d.). Módulos de relé y Arduino: Domótica 1. Recuperado el 12 de diciembre de 2024, de <https://robots-argentina.com.ar/didactica/modulos-de-rele-y-arduino-domotica-1/>
- Sánchez, A. (n.d.). Diagrama interno de un calentador de paso. Pinterest. Recuperado el 12 de diciembre de 2024, de <https://pin.it/5v1UjYTom>
- Shaahid, S. M., & El-Amin, I. M. (2023). Solar energy storage systems. *Renewable Energy Journal*, 12(3), 145-162. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.07.016>

- Sharma, R., & Patel, D. (2020). Automation in mobile applications: Integration of ESP32 with Android Studio for smart home applications. *International Journal of Smart Systems*, 18(2), 78-91. <https://doi.org/10.1080/iss.2020.500>
- Tian, Y., & Zhao, C. Y. (2013). A review of solar collectors and thermal energy storage in solar thermal applications. *Applied Energy*, 104, 538-553. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.11.051>
- UNED. (2016). Energía, desarrollo sostenible y sistemas de producción de energía. <https://www2.uned.es/biblioteca/energiarenovable3/sistemas.htm#solar>
- Wang, Z., & Liu, Q. (2020). Battery cell balancing and thermal management in multi-cell systems. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 35(7), 3218-3230. <https://doi.org/10.1109/tpe.2020.001324>
- Wang, Z., & Ping, Y. (2023). Advancements in lithium-ion battery technology and its application in electric vehicles. *Renewable Energy Journal*, 14(5), 450-467. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.07.023>
- Weiss, W., & Spörk-Dür, M. (2020). Desarrollo del mercado global y tendencias en 2019. Steinhuber Infodes.
- Wolf GmbH. (2019). ¿Qué es un sistema de calefacción híbrido?. Recuperado el 29 de octubre de 2024, de <https://www.wolf.eu>
- Xiaoping, S., Xianping, S., & Lidong, W. (2011). Dispositivo de calentamiento de agua utilizando energía solar y gas. CN201935434U. Oficina de Patentes de China. Publicado el 17 de agosto de 2011.

- Zeadally, S., & Siddiqui, F. (2019). Diseño e implementación de un termostato habilitado para IoT. *Internet de las Cosas*, 5, 35-44. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2018.12.003>
- Zeng, B., Wei, M., & Wang, Y. (2012). Calentador de agua solar y de gas con control automático de temperatura. CN202345110U. Oficina de Patentes de China. Publicado el 13 de junio de 2012.
- Zhang, L., Chen, P., & Wang, D. (2023). Advanced battery management for high-capacity lithium-ion packs. *Journal of Applied Electrochemistry*, 53(4), 200-220. <https://doi.org/10.1007/s10800-023-01897-4>
- Zhang, Y., Xu, Y., & Liu, J. (2021). Energy density optimization of lithium-ion batteries for electric vehicles. *Journal of Energy Storage*, 35, 102312. <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.102312>
- Zenglin, H. & Min, W. (2012). Calentador de agua utilizando energía solar y gas. CN202648206U. Oficina de Patentes de China. Publicado el 2 de enero de 2013.