



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA WEB SERVER
PARA EL MONITOREO Y BALANCE ENERGÉTICO EN UN COLECTOR
SOLAR PLANO.**

AUTOR: SAILEMA MORETA, CARLOS PATRICIO

DIRECTOR: ING. JIMÉNEZ LEÓN, MARIO POLIBIO

LATACUNGA

2018



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA WEB SERVER PARA EL MONITOREO Y BALANCE ENERGÉTICO EN UN COLECTOR SOLAR PLANO**” realizado por el señor **SAILEMA MORETA, CARLOS PATRICIO** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **CARLOS PATRICIO SAILEMA MORETA** para que los sustente públicamente.

Latacunga, 30 de julio del 2018

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir 'Mario Jimenez Leon', escrita sobre una línea horizontal.

Ing. Mario Jiménez León

C.C. 0501519326



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **SAILEMA MORETA, CARLOS PATRICIO**, con cédula de ciudadanía N° 1804640074 declaro que este trabajo de titulación “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA WEB SERVER PARA EL MONITOREO Y BALANCE ENERGÉTICO EN UN COLECTOR SOLAR PLANO**” es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 30 de julio del 2018.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Carlos Patricio Sailema Moreta', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Carlos Patricio Sailema Moreta

C.C. 1804640074



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **SAILEMA MORETA, CARLOS PATRICIO** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca virtual de institución el presente trabajo de titulación “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA WEB SERVER PARA EL MONITOREO Y BALANCE ENERGÉTICO EN UN COLECTOR SOLAR PLANO**” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 30 de julio del 2018.

Carlos Patricio Sailema Moreta

C.C. 1804640074

DEDICATORIA

Este proyecto de titulación lo quiero dedicar a Dios por darme salud, vida y gracias que al colocarme en el seno de una grandiosa familia esto fue posible, en especial a mi madre quien siempre estuvo apoyándome a pesar de mis errores, a mi padre, hermana y demás familiares, así como también a las personas que por azares de la vida hoy no se encuentran junto a mi lado.

A mis amigos y personas especiales en mi vida que de una u otra forma estuvieron presentes a lo largo de este difícil trayecto haciéndolo más llevadero.

Carlos Patricio

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por haberme educado con valores como el respeto, responsabilidad, honestidad y humildad, por haberme corregido cuando me he equivocado, de sobremanera agradezco a mi madre quien siempre tuvo las palabras correctas de apoyo cuando más las necesitaba.

A mis primos quienes siempre me brindaron su ayuda cuando así lo requería.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L por haberme acogido en sus aulas para poder de estudiar esta maravillosa carrera, también por haber vivido en ella maravillosos y gratos momentos que siempre los llevaré conmigo.

Al Ing Mario Polibio Jiménez León por haber sido mi director y guía para brindarme la ayuda necesaria para llevar a cabo este proyecto de titulación.

Carlos Patricio

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT	xviii

CAPÍTULO I

PROBLEMÁTICA

1.1	Planteamiento del Problema	1
1.2	Antecedentes	2
1.3	Justificación e Importancia	3
1.4	Objetivos.....	3
1.4.1	Objetivo general.....	3
1.4.2	Objetivos específicos	4

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1	Colector solar plano	5
2.1.1	Colector solar plano protegido	5
2.1.2	Colector solar plano no protegido.....	7

2.1.3	Tubos de vacío	8
2.2	Tipos de colectores solares planos protegidos.....	9
2.3	Elementos de colector solar plano	10
2.4	Equilibrio energético en colectores de placas planas	11
2.5	Parámetros de eficiencia de colectores solares planos	11
2.6	Obtención de la curva de eficiencia.....	12
2.7	Sistema Web Server	16
2.8	Aplicación de un web server	17
2.9	Interfaz de programación de aplicaciones (API)	17
2.10	Internet de las Cosas (IOT)	18
2.11	Plataformas IOT	18
2.11.1	Plataforma ThingSpeak.....	18
2.11.2	Plataforma Carriots	19
2.11.3	Plataforma Spark	19
2.11.4	Plataforma Thinking Things.....	19
2.12	Plataforma Hardware	20
2.12.1	Plataforma Arduino	20
2.12.2	Plataforma Wasmote.....	21
2.12.3	Plataforma Spark	22
2.13	Módulos de comunicación a la web.....	23
2.13.1	Módulo EZ WEB LYNX	23
2.13.2	Módulo RABBIT RCM3900	23
2.13.3	Módulo SP1-SITEPALYER	24
2.13.4	Módulo Arduino Ethernet Shield.....	25
2.13.5	Módulo Wasmote	26
2.13.6	Módulo Spark.....	27
2.14	Comunicación SPI	27
2.15	Dirección IP.....	28
2.15.1	Clases de dirección.....	28
2.16	Sensores.....	29

2.16.1	Clasificación de sensores.....	30
a.	Sensores de temperatura.....	31
b.	Sensores de caudal	31
c.	Sensores de radiación	32
2.17	Hipótesis	33
2.18	Variables de la investigación.....	33

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1	Antecedentes Investigativos.....	35
3.2	Modalidad de la Investigación	36
3.3	Tipos de investigación.....	37
3.3.1	Investigación Bibliográfica.....	37
3.3.2	Investigación de Campo.....	37
3.3.3	Investigación Experimental	38
3.4	Diseño de la investigación.....	38
3.5	Niveles de la investigación	39
3.5.1	Exploratoria.....	39
3.5.2	Descriptiva	39
3.5.3	Investigación explicativa	39
3.6	Población y muestra.....	40
3.7	Técnica de recolección de datos	40
3.7.1	Observación de Laboratorio	40
3.7.2	Instrumentos	41
3.8	Técnica de análisis de datos	41
3.9	Técnicas de comprobación de hipótesis.....	42

CAPÍTULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1	Análisis de resultados	43
-----	------------------------------	----

		x
4.1.1	Colector solar implementado.....	43
a.	Características de colector solar plano.....	43
b.	Acumulador o tanque solar	44
4.1.2	Mediciones de parámetros del colector (caudal, temperatura)	45
4.1.3	Medición de irradiancia	46
4.2	Comprobación de hipótesis.....	47
4.2.1	Planteamiento de Hipótesis.....	47
a.	Hipótesis nula	47
b.	Hipótesis alternativa.....	47
4.2.2	Estadístico de prueba	47

CAPÍTULO V

PROPUESTA

5.1	Tema de la propuesta	49
5.2	Datos informativos	49
5.2.1	Beneficiarios	49
5.3	Objetivos.....	50
5.3.1	Objetivo general.....	50
5.3.2	Objetivos específicos	50
5.4	Justificación de la propuesta	50
5.5	Fundamentación propuesta.....	51
5.6	Diseño de la propuesta	52
5.6.1	Resumen	52
5.6.2	Arquitectura del proyecto	53
5.7	Criterios de selección de sensores.....	53
5.7.1	Selección de sensor de caudal - temperatura	54
a.	Sensores Resol Grundfos VFS	54
b.	Análisis de Elección	56
c.	Implementación de bomba de recirculación	58
d.	Implementación del sensor VFS.....	59

5.7.2	Selección de sensor de temperatura	60
a.	Sensor Ds 1820 Dallas	60
b.	Sensor RTD PT100.....	60
c.	Sensor Termocupla tipo k	61
d.	Análisis de Elección	62
e.	Implementación de sensor Ds1820 Dallas	62
5.7.3	Selección de sensor de Radiación	63
a.	Análisis de Elección	64
b.	Implementación de sensor de Radiación- Piranómetro SP110.....	65
c.	Acondicionamiento de sensor SP110.....	66
5.8	Selección del controlador	67
5.8.1	Análisis de Elección	68
5.9	Ubicación de sensores	68
5.10	Selección de la tarjeta Shield Ethernet.....	69
5.10.1	Análisis de Elección	70
5.11	Selección de página IOT	71
5.11.1	Análisis de Elección	72
5.12	Metodología para ejecutar la propuesta	72
5.12.1	Diseño del control web server	72
5.12.2	Plataforma Hardware	72
5.12.3	Conexión de la tarjeta Ethernet Shield	73
5.13	Montaje de circuito	73
5.14	Programación de microcontrolador Arduino	75
5.14.1	Esquema Inicial.....	75
5.14.2	Configuración Inicial.....	75
5.15	Comunicación del microcontrolador a la página	77
5.16	Lectura de señales.....	77
5.16.1	Lectura de Termistor Ds1820.....	77
5.16.2	Mapeo de sensor SP110.....	78
5.16.3	Mapeo de sensor VFS, temperatura	78

	xii
5.16.4	Mapeo de sensor VFS, caudal79
5.17	Configuración de página IOT80
5.18	Prueba de interfaz de comunicación82
5.19	Descarga de datos84
5.20	Análisis de balance energético.....85
5.20.1	Análisis de día despejado85
PRUEBA DE HIPÓTESIS92
CONCLUSIONES93
RECOMENDACIONES94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS96
ANEXOS100
Anexo A1	Catálogo colector solar QR-D
Anexo A2	Catálogo VFS 1-12
Anexo A3	Catálogo Ds1820
Anexo A4	Catálogo Arduino mega
Anexo A5	Catálogo Piranpometro SP110
Anexo A6	Plano de Conexión Arduino
Anexo A7	Plano de Hidráulico de Colector
Anexo A8	Código de Programación
Anexo A9	Creacion de cuenta en Plataforma IOT

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Calentador solar plano protegido.....	6
<i>Figura 2:</i> Calentador solar plano no protegido.....	7
<i>Figura 3:</i> Colector de tubos de vacío.....	8
<i>Figura 4:</i> Colector Solar Plano Pasivo.....	9
<i>Figura 5:</i> Colector Solar Plano Activo.....	9
<i>Figura 6:</i> Elementos de colector solar plano.....	10
<i>Figura 7:</i> Curva de Eficiencia de un colector solar plano.....	14
<i>Figura 8:</i> Diagrama de Bloques Web Server.....	17
<i>Figura 9:</i> Plataforma Waspnote.....	22
<i>Figura 10:</i> Plataforma Spark.....	22
<i>Figura 11:</i> Módulo EZ WEB LYNX.....	23
<i>Figura 12:</i> Módulo RABBIT RCM3900.....	24
<i>Figura 13:</i> Módulo SP1.....	25
<i>Figura 14:</i> Módulo Arduino Ethernet Shield.....	26
<i>Figura 15:</i> Módulo Waspnote.....	26
<i>Figura 16:</i> Módulo Spark.....	27
<i>Figura 17:</i> Tipos de Direcciones IP.....	29
<i>Figura 18:</i> Comparación de escalas Celcius y Kelvin.....	31
<i>Figura 19:</i> Sensor de caudal, Pistón y de Paleta.....	32

<i>Figura 20:</i> Piranómetro.....	32
<i>Figura 21:</i> Esquema de conexión del sistema de monitoreo	53
<i>Figura 22:</i> Sensores VFS Grundfos.....	55
<i>Figura 23:</i> Bomba AD20P-1230C	58
<i>Figura 24:</i> Implementación de la bomba de recirculación.....	58
<i>Figura 25:</i> Cable de comunicación	59
<i>Figura 26:</i> Escalamiento de señales.....	59
<i>Figura 27:</i> Sensor Ds1820 Dallas.....	60
<i>Figura 28:</i> Conexión de sensor Ds1820	63
<i>Figura 29:</i> Conexión de 2 sensores Ds1820.....	63
<i>Figura 30:</i> Rango de lectura	65
<i>Figura 31:</i> Rango Espectral.....	66
<i>Figura 32:</i> Acondicionamiento de señal.....	67
<i>Figura 33:</i> Implementación de sensores.....	69
<i>Figura 34:</i> Tarjeta Shield de sensores	73
<i>Figura 35:</i> Diagrama de conexión.....	74
<i>Figura 36:</i> Diagrama funcional	75
<i>Figura 37:</i> Flujograma de comunicación inicial	76
<i>Figura 38:</i> Librerías para la comunicación a la red	77
<i>Figura 39:</i> Comunicación entre Arduino y pagina IoT	77
<i>Figura 40:</i> Lectura de señal Termistor	78
<i>Figura 41:</i> Mapeo de señal de radiación	78
<i>Figura 42:</i> Mapeo de señal VFS-Temperatura.....	79

<i>Figura 43: Mapeo de señal VFS-Caudal</i>	<i>79</i>
<i>Figura 44: Página principal ThingSpeak.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 45: Creación de cuenta</i>	<i>80</i>
<i>Figura 46: Membrete de las variables a medir.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 47: API key.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 48: Graficas de monitoreo</i>	<i>82</i>
<i>Figura 49: Pocket Iot de Arduino</i>	<i>83</i>
<i>Figura 50: ThingChart de Arduino</i>	<i>83</i>
<i>Figura 51: Lecturas en App Pocket IOT</i>	<i>84</i>
<i>Figura 52: Lecturas en App ThingChart.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 53: Descarga de datos</i>	<i>84</i>
<i>Figura 54: Curva de Eficiencia $(T_m - T_a)/I$.....</i>	<i>89</i>

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de módulos Arduino	20
Tabla 2 Operacionalización de la variable independiente	33
Tabla 3 Operacionalización de la variable dependiente.....	34
Tabla 4 Tablas de preguntas	40
Tabla 5 Toma de datos físicos	46
Tabla 6 Variables de investigación	48
Tabla 7 Preguntas de las variables	48
Tabla 8 Especificaciones técnicas de sensores VFS.....	55
Tabla 9 Configuración de pines	59
Tabla 10 Especificaciones técnicas de sensores de temperatura.....	61
Tabla 11 Especificaciones técnicas de sensores de radiación	64
Tabla 12 Especificaciones técnicas de placas controladoras	68
Tabla 13 Especificaciones técnicas de la tarjeta Shields Ethernet	70
Tabla 14 Páginas para comunicación IOT.....	71
Tabla 15 Conexión de puertos	74
Tabla 16 Tabla de monitoreo de datos	85
Tabla 17 Resumen de toma de datos.....	86

RESUMEN

El presente proyecto aprovecha una de las distintas tecnologías web server que hay disponibles en el mercado que en este caso es la tarjeta Shield Ethernet de Arduino la cual trabaja conjuntamente con el microcontrolador de la misma marca, reciben, envían y guardan datos en la red para poder ser visualizados en tiempo real, las tarjetas hacen uso de un software y hardware de arquitectura abierta y transmite datos a través del protocolo Ethernet. El sistema web server es implementado en un colector solar plano y las variables a ser monitoreadas son de temperatura y caudal a la entrada del equipo; temperatura a su salida; también la temperatura ambiente y radiación solar; estos valores son tomados para calcular la eficiencia instantánea y mostrados por medio de un computador o dispositivos Android con su respectiva aplicación, el usuario podrá acceder a dicha información por medio de un ID de usuario o número de canal asignado en un portal web para facilitar su uso, esta plataforma tiene la opción de descarga de datos en una hoja de cálculo para disponer de estos valores según como se crea conveniente, que en este caso será útil para el cálculo de balance energético del colector solar plano dentro de un rango de tiempo monitoreado, el cual se recomienda que sea de 5 horas a partir de la mañana para una generación media de 3000 Wh.

PALABRAS CLAVE:

- **COLECTOR SOLAR PLANO**
- **PLATAFORMA WEB SERVER**
- **BALANCE ENERGÉTICO**

ABSTRACT

The present project takes advantage of one of the different web server technologies that are available in the market, which in this case is the Arduino Shield Ethernet card which works together with the microcontroller of the same brand, they receive, send and store data in the network to can be viewed in real time, the cards make use of open architecture software and hardware and transmit data through the Ethernet protocol. The web server system is implemented in a flat solar collector and the variables to be monitored are temperature and flow at the input of the equipment; temperature at its exit; also the ambient temperature and solar radiation; these values are taken to calculate the instantaneous efficiency and shown by means of a computer or Android devices with their respective application, the user will be able to access said information by means of a user ID or channel number assigned in a web portal to facilitate their use, this platform has the option of downloading data in a spreadsheet to have these values as you see fit, which in this case will be useful for calculating the energy balance of the flat solar collector within a monitored time range , which is recommended to be 5 hours from the morning for an average generation of 3000 Wh.

KEYWORDS:

- **FLAT SOLAR COLLECTOR**
- **SERVER WEB PLATFORM**
- **ENERGY BALANCE**

CAPÍTULO I

PROBLEMÁTICA

1.1 Planteamiento del Problema

Hoy por hoy las energías renovables se hacen presentes cada vez más con el fin de ayudar al planeta y como medio de fuentes alternas reutilizables, es por esto que el proyecto busca realizar el análisis de balance energético de un colector solar plano comercial y esta a su vez pueda ser monitoreada desde cualquier lugar.

Los colectores solares en si no tienen un sistema de monitoreo propio del equipo, en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga existe implementado un sistema que permite el monitoreo de manera local para ser realizado por solo una persona por lo que se busca que este sistema sea de uso remoto por medio de la red con el cual el usuario pueda revisar el estado de funcionamiento del colector.

Para el monitoreo de señales con el paso del tiempo se han usado controladores para la adquisición de datos y estos puedan ser acondicionados y visualizados de manera local pero estos han ido evolucionando al punto de que el sistema no sea solo de esta manera, sino que también se puede aprovechar las bondades de la internet, como es la aplicación Web Server. Mediante el uso de esta aplicación es posible tener el acceso a la información del colector en línea desde cualquier lugar donde se encuentre el usuario con la posibilidad de observar el comportamiento del mismo mediante una dirección IP.

La opción de web server en la actualidad está presente en el mercado en diferentes marcas que ofertan sus productos con nuevas tecnologías; muchas veces estas no son explotadas por los usuarios, esto se debe a la falta de información del producto o simplemente al desconocimiento de la nueva herramienta que ofrece, dado este caso el módulo web server además de ser de costo muy accesible su lenguaje de programación es abierto y no se necesita de licencias costosas como suelen ser otros productos similares de marcas diferentes.

1.2 Antecedentes

Los recursos naturales que se disponen en el planeta en lo largo del tiempo se notaron que dichos recursos pueden ser aprovechados como un medio de transporte y calefacción, es por esto que con el paso del tiempo las energías renovables han tomado cada vez más aceptación dentro de la población y es por esto que este tipo de energías han dejado de ser consideradas como un medio de producción y desarrollo pobre para pasar a ser considerado como un proyecto viable gracias al desarrollo tecnológico apuntando a un mejor futuro, como una fuente inagotable de recursos.

Dentro del avance de la nueva tecnología que se va presentando hoy en día los controladores de última generación permiten al usuario el control de los procesos y monitoreo en tiempo real y estos puedan ser realizados a larga distancia por medio de la web a través de un WEB SERVER; estas opciones están disponibles en el mercado en distintas marcas las cuales han revolucionado al medio donde esta tecnología es requerida.

1.3 Justificación e Importancia

El proyecto busca realizar actividades investigativas respecto a la eficiencia promedio que puede ofrecer un colector solar plano comercial siendo este monitoreado a través de una aplicación web server.

Lo que se pretende es aplicar los conocimientos de instrumentación y energías renovables desarrollando un sistema de monitoreo que ayude a los estudiantes a conocer cuál es el comportamiento de un colector solar plano comercial e identificar cuáles son las características de balance energético que esté presente en condiciones ambientales estándar permitiendo realizar una comparativa de costos en base a la energía que esta almacene y pueda ser aprovechada; el análisis se lo realizará en el colector y este será realizado por medio de la medición de variables de temperatura en la entrada, la salida y ambientales, así como también la variable de caudal y radiación solar, utilizando como equipo principal una tarjeta microcontroladora y un módulo web server para poder gestionar las tareas de monitoreo que podrán ser visualizadas por la web aportando un gran conocimiento e interacción con los usuarios.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema Web Server con una tarjeta electrónica para el monitoreo y análisis de balance energético en un colector solar plano.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar y determinar los tipos de variables de temperatura, caudal y radiación que hay en un colector solar plano para para su posterior adquisición de sensores e implementación.
- Diseñar un sistema web server en el colector solar plano que permita el monitoreo y almacenamiento de datos en la red.
- Realizar la programación para la visualización de datos en la página web.
- Realizar el balance energético en base a los datos medidos y estos permitan determinar su rendimiento.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Colector solar plano

Un captador solar plano es el más común de los colectores solares para sistemas de calentadores de agua en hogares y también como sistemas de calefacción. Un captador solar plano no es nada más que una caja metálica aislada con una cubierta de vidrio o de plástico llamada acristalamiento y un plato absorbente de color oscuro. Este tipo de colectores alcanzan la temperatura promedio de 80° C. (Struckmann, 2013)

En si es una unidad o equipo que busca convertir la energía térmica de baja temperatura aprovechando la energía de la radiación emitida por el sol, donde el captador es el componente más importante del Calentador solar. (Cabrera, 2011)

Los colectores solares pueden dividirse de la siguiente manera:

- Colector solar plano protegido
- Colector solar plano no protegido
- Tubos de vacío

2.1.1 Colector solar plano protegido

Los colectores solares planos protegidos (ver figura 1) son los que más se utilizan en el medio comercial por tener una favorable relación en cuanto a su análisis de costo y

producción de calor. En el colector se coloca una caja rectangular donde sus medidas varían entre 1 metro de ancho, 1.50 metros y 2 metros de largo, y su espesor oscila entre los 10cm, estas medidas son aproximadas de los modelos estándar aunque si pueden existir de diferentes medidas. El lado mostrado al sol es protegido por un vidrio resistente de alta duración y los otros lados se encuentran aislados térmicamente; mientras que en el interior de la caja hacia el lado mostrado al sol se ubica una placa metálica que está soldada a varios canales por los cuales circula agua, glicol, o fluido caloportador. Para incrementar la absorción de calor la placa se pinta de un color oscuro, de preferencia negro haciéndolo más eficiente.

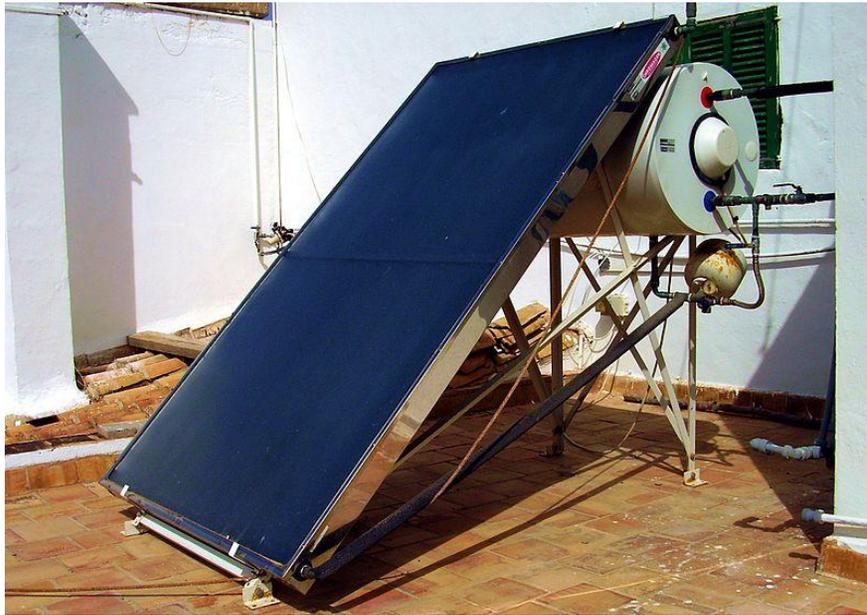


Figura 1: Calentador solar plano protegido

Fuente: (Cabrera, 2011)

2.1.2 Colector solar plano no protegido

A comparación del explicado anteriormente esta es considerada como una opción económica donde el vidrio protector es retirado y dejándolo a la placa expuesta directamente sometida al ambiente exterior, este tipo de captador también tiene aislamiento perimetral. Por ser de base simple y de instalación inmediata este tipo de paneles, existen muchas sub variantes tanto en su forma como de los materiales de los cuales están constituidos, así: una manguera simple enrollada y pintada de negro es la esencia de este tipo de colector solar. Dada su limitada eficiencia se necesita de una superficie mucho más grande para conseguir las prestaciones deseadas, pero esto es compensado con su bajo costo, en la figura 2 se puede apreciar este tipo de colector. (Cabrera, 2011)



Figura 2: Calentador solar plano no protegido

Fuente: (Férroli, 2008)

2.1.3 Tubos de vacío

Para esta última clase de equipo se superpone un concepto distinto donde se disminuye la superficie captadora a cambio de que su eficiencia calorífica sea mayor, la lámina captadora es colocada en el interior de los tubos de vacío lo cual representa unas pérdidas caloríficas menos significativas; su principio físico es el de los tubos fluorescentes tradicionales solo que son de color oscuro. Para formar los paneles los tubos de vacío son colocados en una estructura de peine y las ventajas de este sistema es lo aislados que son, estos equipos son más eficientes colocados en climas fríos o montañosos; tiene una flexibilidad de colocación con una variación de 20° sobre la inclinación ideal sin pérdida en su rendimiento, pero a su vez se ve reflejado en un costo representativo mayor y con la desventaja que tiene una resistencia inferior a los golpes o las granizadas, en la figura 3 se puede ver cómo está estructurado este tipo de colector. (Cabrera, 2011)



Figura 3: Colector de tubos de vacío

Fuente: (Prosoleco, 2017)

2.2 Tipos de colectores solares planos protegidos

Se dividen en dos grupos según su funcionamiento, en activos y pasivos:

- **Pasivos:** Indican que no necesitan de una fuente externa para funcionar, el agua se mueve internamente por el principio de convección o termosifón, (ver figura 4).

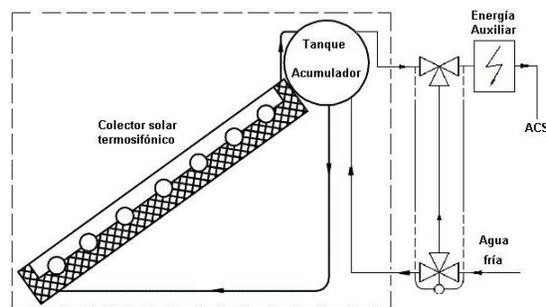


Figura 4: Colector Solar Plano Pasivo

Fuente: (Raúl, 2015)

- **Activos:** Estos requieren de una bomba o alguna forma de energía externa para ayudar con el movimiento cíclico interno del agua (ver figura 5). (Cabrera, 2011)

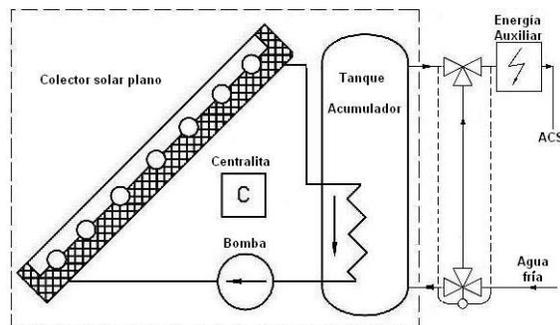


Figura 5: Colector Solar Plano Activo

Fuente: (Raúl, 2015)

2.3 Elementos de colector solar plano

En la figura 6 se muestran las partes que componen un colector de placa plana protegido

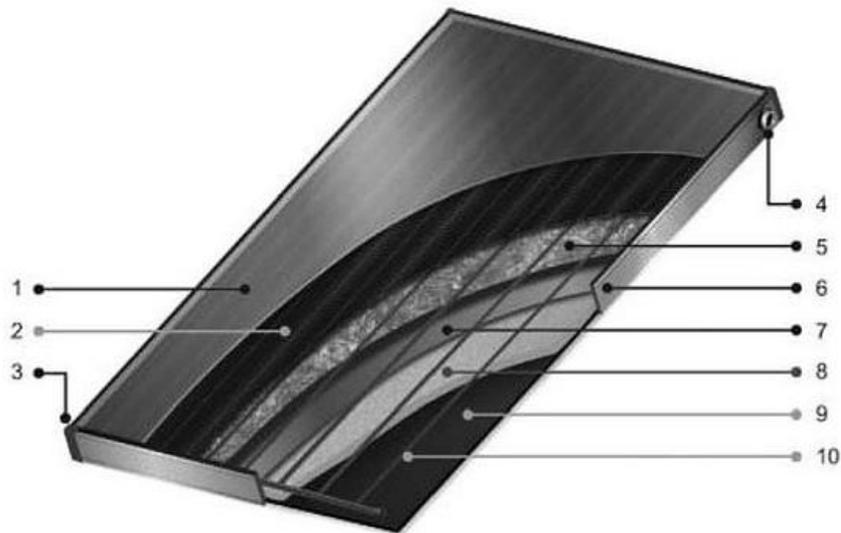


Figura 6: Elementos de colector solar plano

Fuente: (chromagen, 2017)

Partes

1. Vidrio solar templado con bajo contenido de hierro
2. Placa absorbente en aluminio con pintura selectiva
3. Molduras de protección de Nylon
4. Conexiones rosca interior en cobre
5. Lana Mineral
6. Caja en aluminio extruido anodizado
7. Barrera aislante en aluminio
8. Espuma de poliuretano rígido
9. Cubierta posterior en polipropileno
10. Tubos interiores y cabezales en cobre tipo M

2.4 Equilibrio energético en colectores de placas planas

Un concepto fundamental para el análisis térmico de cualquier sistema térmico es la conservación de energía, que se puede analizar mediante el cálculo del balance de energía en condiciones de estado estacionario. En estado estacionario, la salida de energía útil del colector es la diferencia entre la radiación solar absorbida y las pérdidas térmicas totales del colector, así:

$$\text{Energía útil} = \text{Energía solar absorbida} - \text{Pérdidas térmicas}$$

Obviamente, cuanto mayor sea la producción de energía útil de un diseño particular, mayor será la eficiencia esperada. La eficiencia térmica del colector es un parámetro importante a tener en cuenta en este tipo de análisis, ya que crea la base para la comparación de diferentes materiales y modificaciones de los sistemas colectores. Algunos cálculos teóricos presentados en los libros, eventualmente están dirigidos a evaluar la eficiencia. (Leone, 2016)

2.5 Parámetros de eficiencia de colectores solares planos

La relación entre la energía útil más el flujo que pasa por el colector es considerada como eficiencia térmica, esto en relación con la energía de radiación proveniente del sol, existe una diferencia entre pérdidas de calor que se dan desde el colector hacia el medio ambiente. Las pérdidas se dan de forma directa entre el colector y su entorno, ambas desde el punto de vista de la diferencia de temperaturas. La temperatura del colector varía continuamente dado a que el agua va elevando su temperatura a su paso por el equipo, se logra entender que al disminuir el flujo y aumentar la temperatura en su salida

lo que se genera son más pérdidas y reduce la eficiencia. La eficiencia será constante siempre y cuando la temperatura de entrada también lo sea, ya sea que el flujo varíe o no, así como también la temperatura promedio del colector. Estos parámetros son significativos cuando se maneja un colector solar de flujos diferentes a los que se utilizan para la obtención de sus parámetros de eficiencia. (Alarcón & Dominguez , 2016)

2.6 Obtención de la curva de eficiencia

Para encontrar la eficiencia térmica de un colector solar plano existe una forma experimental la cual consiste simplemente en mostrar el colector a la radiación solar, medir la cantidad de energía que incide sobre este, medir la cantidad de energía que es removida por el fluido de trabajo, y finalmente hallar la relación entre ambos valores, así:

$$n = \frac{Qu}{A_c I} = \frac{\dot{m} C_p (T_s - T_e)}{A_c I} \quad (1)$$

Donde

n = Eficiencia.

Qu = Cantidad de energía útil

\dot{m} = caudal másico

C_p = Calor específico

T_s = Temperatura de salida de agua del colector

T_e = Temperatura de entrada de agua al colector

A_c = Área de superficie del colector

I = Radiación solar absorbida o irradiancia

Otra de las maneras de determinar la eficiencia del captador en función de otros parámetros es:

$$n = n_0 - k_1 \frac{(T_e - T_{amb})}{I} - k_2 \frac{(T_e - T_{amb})^2}{I} \quad (2)$$

Donde

n_0 = Coeficiente óptico del captador

k_1 y k_2 = Coeficientes de pérdidas térmicas

T_{amb} = Temperatura ambiente.

Cabe destacar que los valores de n_0 , k_1 y k_2 son constantes o datos técnicos proporcionados por el fabricante.

Existe una tercera forma de poder determinar la eficiencia del colector según la normativa ISO 9806-1, esta corresponde a la siguiente expresión:

$$n = 0.826 - 4.8 \frac{T_m - T_{amb}}{I} \quad (3)$$

$$T_m = \frac{T_e + T_s}{2}$$

Donde:

“0.826” y “4.8” son constantes

T_m =temperatura media

Con los datos anteriores de “eficiencia” y “x” se puede obtener la curva de rendimiento del colector solar, en la figura 7 puede verse un ejemplo de cómo puede ser la eficiencia de un colector solar plano un gráfico de este rendimiento. (Creus, 2009, pág. 335)

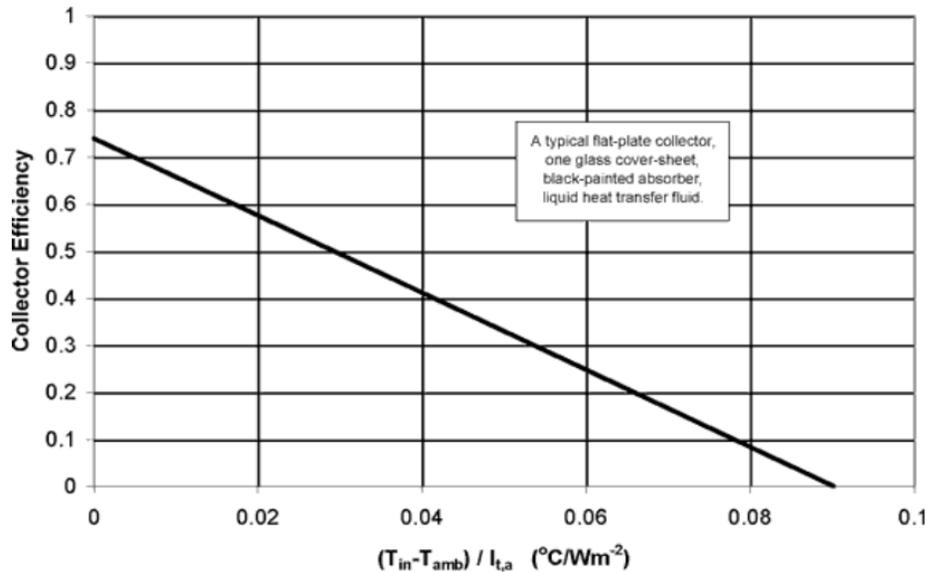


Figura 7: Curva de Eficiencia de un colector solar plano

Fuente: (Struckmann, 2013)

Por otra parte el calor útil también puede escribirse como se indica en la ecuación 4:

$$Qu = A_c F_R [I(\tau\alpha) - U_L(T_e - T_{amb})] \quad (4)$$

Donde

F_R = Factor de remoción de calor.

τ = Coeficiente de Transmitancia.

α = Coeficiente de Absortancia.

U_L = Coeficiente global de transferencia de calor

T_{amb} = Temperatura de ambiente

Dados los parámetros anteriores en donde se tiene a la energía que llega al colector como el producto de la irradiancia, por la transmitancia, y la absortancia, las pérdidas de calor del colector evaluadas como el coeficiente global de transferencia de calor, multiplicando la diferencia entre la temperatura de entrada del agua al colector, y la temperatura ambiente. El factor de remoción de calor, aparece a continuación en la ecuación 5 para corregir el hecho de que se está tomando la temperatura de entrada del agua al colector, en lugar de la temperatura promedio del agua en el colector.

Esto es debido a que la temperatura fácilmente medible es la de entrada al colector. Este factor relaciona la ganancia real de calor útil con la ganancia de calor que se tendría si el todo colector estuviera a la temperatura constante del agua de entrada al mismo. (Alarcón & Dominguez , 2016).

$$F_R = \frac{\dot{m} C_p (T_s - T_e)}{A [I(\tau\alpha) - U_L (T_e - T_{amb})]} \quad (5)$$

En la ecuación 6 se tiene otra manera más implicada de obtener la energía:

$$Qu = A_c [I - U_L (T_{plate} - T_{amb})] \quad (6)$$

Donde

I = Radiación solar absorbida o irradiancia, W/m^2 .

U_L = Coeficiente global de transferencia de calor, W/m^2K .

T_{plate} = Temperatura de la placa absorbente, $^{\circ}C$.

T_{amb} = Temperatura del aire, $^{\circ}C$.

A_c = Área de superficie del colector, m^2 . (Duffie & Beckman, 2013)

2.7 Sistema Web Server

Un sistema web server se utiliza como material o contenido estático a un navegador, donde se carga un archivo y se lo introduce por medio de la web a cualquier navegador de un usuario donde el cambio de información es realizado entre el servidor y el navegador que se comunican entre sí. (Faqs, 2017)

El sistema da lugar un proceso en tres partes, primero se considera el procesamiento de los datos obtenidos por los sensores en el micro-controlador, como esta información debe ser transmitida en una red local se necesita una sección para dotar de conectividad al micro-controlador, se utiliza una tarjeta controladora de Ethernet y como consideración final se tiene la interfaz con el usuario. En la figura 8 se muestra el diagrama de bloques del sistema. (Flores & Villacrés, 2015)

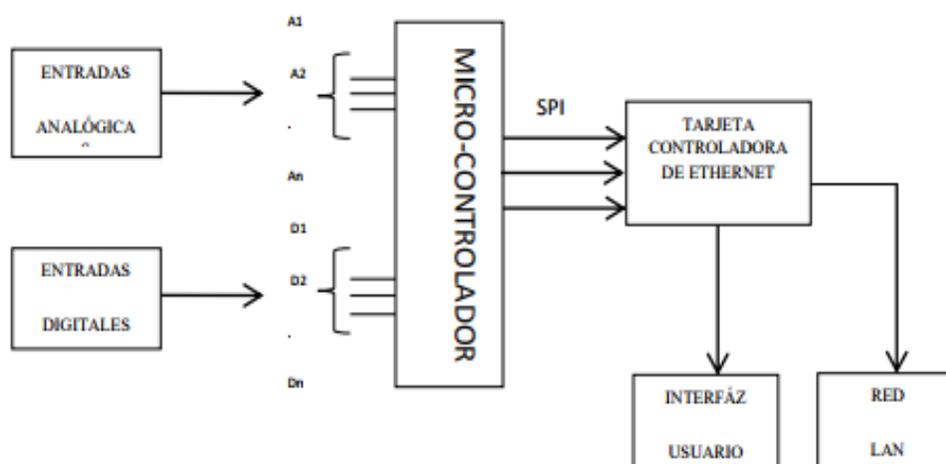


Figura 8: Diagrama de Bloques Web Server

Fuente: (Flores & Villacrés, 2015)

2.8 Aplicación de un web server

La aplicación de un web server permite al usuario el control y monitoreo de las instalaciones. Los inconvenientes son presentados que cuando se está en algún otro lugar lejos de la instalación, y se necesita monitorear algunos parámetros de un controlador tiene que ser a través del software instalado en la PC. Por lo que esto fue el nacimiento de la necesidad en crear una herramienta basada en la utilización de Internet y el WEB Server para dar solución. (Olvera, 2013)

2.9 Interfaz de programación de aplicaciones (API)

Una interfaz de programación de aplicaciones (API) es una especificación destinada a ser utilizada como interfaz por software y componentes para comunicarse entre ellos. Una API puede incluir especificaciones para rutinas, estructuras de datos, clases de objetos y variables, una API específica puede tomar muchas formas, incluyendo un estándar internacional como POSIX o documentación del proveedor, como la API de

Microsoft Windows, o las bibliotecas de un lenguaje de programación, dentro de estos objetos están la biblioteca de plantillas estándar en C ++ o API de Java.

Una API difiere de una interfaz binaria de aplicación (ABI) en que la primera está basada en código fuente mientras que la última es una interfaz binaria. Por ejemplo, POSIX es una API, mientras que Linux Standard Base es una ABI. (Stoughton, 2009)

2.10 Internet de las Cosas (IOT)

El internet de las cosas cada vez se ha tornado más relevante en nuestro medio, y esto implica conectar cosas a internet para recuperar información en cualquier momento y desde cualquier lugar. Esta información puede ser monitoreada por sensores que intercambian información de forma inalámbrica por medio de Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee o RF. (Palma & Agudo, 2014)

2.11 Plataformas IOT

2.11.1 Plataforma ThingSpeak

Este es un tipo de plataforma abierta que está diseñada para conectar a personas con objetos, su principal característica es que es una plataforma Open Source con una API la que permite almacenar y recuperar los datos de objetos utilizando un protocolo HTTP en internet o por una red local, su plataforma está basada en Ruby on Rails (RoR) la misma que es un framework de aplicaciones web, la aplicación tiene lo suficiente para poder gestionar usuarios así como también claves de API. (Loureiro Garrido, 2015)

2.11.2 Plataforma Carriots

Esta es una plataforma de origen español que da un servicio PaaS orientada a proyectos IOT y máquina a máquina, aunque no es Open Source ofrece la empresa un servicio gratuito en el cual se pueden registrar un máximo de 10 equipos pero con ciertas restricciones en su funcionalidad, para eliminar las restricciones es necesario pagar un costo de 2 euros por cada equipo adicional, tiene otro servicio adicional con el cual se puede conectar los equipos con una nube privada pero este costo no es especificado. (Loureiro Garrido, 2015)

2.11.3 Plataforma Spark

Esta plataforma es de servicio gratuito y nació de la derivación de la plataforma Crowdfunding Kicstarter (empresa americana) y su equipo para el manejo se llama Spark Core, este es un dispositivo que permite que cualquier cosa que tenga Wi-Fi pueda comunicarse. El equipo se basa en Arduino por lo que es un punto enorme a favor ya que se dispone de una comunidad bastante extensa a la hora de abordar cualquier proyecto. Su idea principal es que Spark Core sea una plataforma de desarrollo para que los objetos tengan inteligencia donde el mecanismo de Arduino lo facilite a la hora de programar. (Loureiro Garrido, 2015)

2.11.4 Plataforma Thinking Things

Este tipo de plataforma además de brindar el software también ofrece un hardware para comenzar a trabajar, esta es una apuesta nueva para ocupar las compañías telefónicas, es una medida que toma ya que se encuentra poco tiempo en el mercado y

donde el IOT están en fase de prueba, pero es de fácil montaje en su hardware, otro aspecto es la conectividad que hace uso de las telecomunicaciones dejando de lado el Wi-Fi y apuesta por la red GSM, lo cual es una ventaja ya que se tiene conectividad global. (Loureiro Garrido, 2015)

2.12 Plataforma Hardware

2.12.1 Plataforma Arduino

La plataforma maneja un dispositivo electrónico que tiene incorporado un microcontrolador el cual puede ser programado según las necesidades del usuario, una de sus principales ventajas es que no necesita de elementos adicionales para cargar la programación, solo se debe realizar la programación y proceder a cargarlo para que este empiece a operar de manera simultánea con los elementos externos electrónicos que pueden ser montados en él, como sensores, resistencias, leds, etc dependiendo de cuál sea la necesidad a cubrir. Dentro de sus componentes está una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reinicio. (Mrelberni, 2015)

En la tabla 1 se muestra un tabla resumida de las características que tienen los módulos Arduino.

Tabla 1
Características de módulos Arduino

Modelo	Entradas Análogas	Salidas PWR	I/O Digitales	Memoria	Voltaje	Costo
Uno	6	6	16	32kb	5V	12\$

CONTINÚA 

Mini	6	8	14	32kb	5V	5\$
Leonardo	12	7	20	32kb	5V	18\$
Mega	6	7	14	256kb	5V	25\$
Yun	12	7	20	32kb	3.3V	65\$

Fuente: (Mrelberni, 2015)

2.12.2 Plataforma Waspnote

La plataforma fue creada por la empresa española Libelium basándose en estándares de hardware abierto además consta de una plataforma modular open source, y tiene una finalidad la cual es la de construir redes inalámbricas de bajo consumo, la placa Waspnote tiene un microcontrolador de la familia Atmel, batería, memoria y sockets para ir añadiendo módulos.

El protocolo de comunicación que maneja a nivel de software API es de 40 Km de alcance además que dispone de diferentes módulos de comunicación al igual que arduino tales como GPS, GPRS y Bluetooth. Otra de las semejanzas con arduino es que comparten casi el mismo código con unas pequeñas variaciones. Unas de las aplicaciones en el mundo son las agrícolas para medir la irrigación, el crecimiento de las cosechas, además detectar sucesos meteorológicos adversos. (Loureiro Garrido, 2015)

En la figura 9 se puede observar el logo de la empresa con su respectivo equipo de comunicación.



Figura 9: Plataforma Waspote

Fuente: (Libelium, 2018)

2.12.3 Plataforma Spark

Nuevamente se nombra a Spark la cual funciona en base a su plataforma software, ambas funcionan conjuntamente siendo su hardware la parte más importante de esta plataforma y donde se basa todo su núcleo con un chip ARM cortex M3. Una de sus ventajas es que es una placa de un tamaño reducido que tiene un módulo WiFi, lo cual tiene como brindar una conexión a Internet prácticamente a cualquier cosa.

Entre sus características principales es lo fácil que es instalarlo y puede ser programado sin la necesidad de cables, es considerado como uno de los mejores módulos disponibles pero no es de fácil adquisición aquí en el país ya que el mercado aun no es internacional. (Loureiro Garrido, 2015)

La figura 10 muestra el logo de la empresa desarrolladora de esta plataforma



Figura 10: Plataforma Spark

Fuente: (Kickstarter, 2014)

2.13 Módulos de comunicación a la web

2.13.1 Módulo EZ WEB LYNX

Este módulo integrado EZ web Lynx (ver figura 11) se puede agregar fácilmente a cualquier diseño electrónico existente para agregar conectividad Ethernet o Wi-Fi, reduciendo el tiempo y el costo de desarrollo de la ingeniería. El módulo cuenta con entradas y salidas digitales así como también entradas analógicas, PWM y canales de temporizador para detección y control. Tiene etiquetas HTML personalizadas las cuales acceden y controlan todas las entradas y salidas del dispositivo, lo que permite el desarrollo simplemente programando en HTML. (Ezweblynx, 2014)



Figura 11: Módulo EZ WEB LYNX

Fuente: (Ezweblynx, 2014)

2.13.2 Módulo RABBIT RCM3900

Es un módulo sumamente compacto que incorpora la última versión completa del microprocesador Rabbit 3000 operando a 44.2 MHz, memoria flash, almacenamiento masivo a bordo, una RAM estática, puertos de entradas y salidas digitales además de tener una memoria extraíble. Los módulos RCM3900 RabbitCore tienen un puerto integrado 10/100Base-T Ethernet y proporcionar una conexión LAN además que tiene una batería de respaldo de Reloj interno en tiempo real para no perder datos. (Digi, 2010)

En la figura 12 se puede apreciar el módulo de comunicación Rabbit RCM3900.



Figura 12: Módulo RABBIT RCM3900

Fuente: (Digi, 2010)

2.13.3 Módulo SP1-SITEPALYER

El módulo SP1 SitePlayer (ver figura 13) está diseñado para habilitar la web de forma fácil y económica, es un dispositivo basado en microprocesador de un poco más de una pulgada cuadrada, el SitePlayer incluye un servidor web, y comunicado por vía Ethernet y una memoria flash para páginas web y un dispositivo serie interfaz. También maneja protocolos web y paquetes de Ethernet independientemente del procesador del dispositivo; cabe notar que aquí no se requiere un código TCP / IP o de red y para aplicaciones independientes se puede realizar conexiones a sus entradas y salidas de forma directa, el cual puede ser monitoreado y controlado de forma remota por Java, C, C ++, Visual Basic u otro TCP / IP. (SP1, 2013)

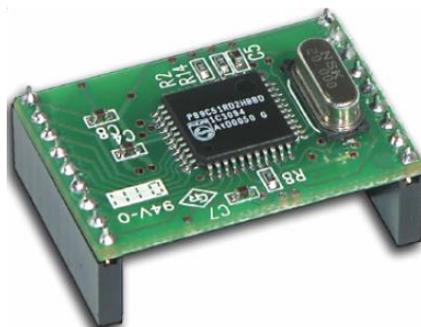


Figura 13: Módulo SP1

Fuente: (SP1, 2013)

2.13.4 Módulo Arduino Ethernet Shield

Arduino Ethernet Shield (ver figura 14) permite la evaluación y el diagnóstico a una gran distancia por medio de la WEB, es posible observar y evaluar sin el software de programación, solo es necesario un servidor WEB.

El Arduino Ethernet Shield permite a una placa Arduino conectarse a internet por medio de un chip Wiznet W5100 Ethernet. El W5100 Wiznet proporciona una red (IP) capaz de apilar TCP (protocolo orientado a conexión) y UDP (protocolo no orientado a conexión). Utiliza la biblioteca de Ethernet para escribir sketches que se conectan a internet a través de la pantalla. El shield de Ethernet se conecta a una placa Arduino montado uno sobre otro. Esto mantiene la disposición de las clavijas intactas y permite que otro shield pueda ser apilado en la parte superior. Su conexión Ethernet es un estándar RJ-45, con un transformador de línea integrada y Power over Ethernet habilitado. (Ruiz, 2013)

El Shield Arduino Ethernet permite la inserción sobre una tarjeta convencional Arduino utilizando para su gobierno la librería Ethernet.

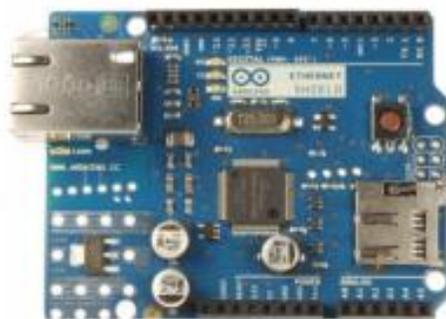


Figura 14: Módulo Arduino Ethernet Shield

Fuente: (Ruiz, 2013)

2.13.5 Módulo Wasmote

Es un módulo de plataforma Open source, y su finalidad es la de elaborar redes inalámbricas de bajo consumo, esta se compone de una placa Wasmote con un microcontrolador de la familia Atmel, memoria, batería, acelerómetro y sockets para ir anexando módulos. A nivel de software API y compilador open source el protocolo de comunicación tiene alcances como ya se dijo de hasta 40 Km de alcance dispuestos de diferentes medios de comunicación como GPS, GPRS y Bluetooth. En la figura 15 se muestra el módulo Wasmote. (Loureiro Garrido, 2015)



Figura 15: Módulo Wasmote

Fuente: (Libelium, 2017)

2.13.6 Módulo Spark

Como ya se indicó con anterioridad en las plataformas, Spark presenta este tipo de hardware que se maneja de forma conjunta con su software. Es una placa de tamaño reducido que hace uso de Wi-Fi para su comunicación a internet, se caracteriza por su fácil instalación y su conexión a Wi-Fi, su programación presenta un entorno de desarrollo web o un editor de texto favorito, además de que el Spark Flash ofrece actualizaciones de firmware para el proyecto en la web permitiendo además que las creaciones puedan cambiarse, actualizarse y mejorar fácilmente con el tiempo, sin importar los puertos USB y los pines del programador. (Kickstarter, 2014)

En la figura 16 se muestra el módulo Spark, donde se puede ver que tan compacto es en tamaño.

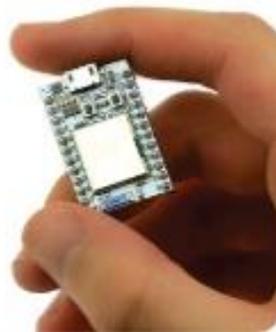


Figura 16: Módulo Spark

Fuente: (Kickstarter, 2014)

2.14 Comunicación SPI

La Interfaz Periférica Serial (SPI) es un bus de interfaz comúnmente utilizado para enviar datos entre microcontroladores y pequeños periféricos, como registros de

desplazamiento, sensores y tarjetas SD. Utiliza líneas de reloj y datos separadas, junto con una línea de selección para elegir el dispositivo con el que desea hablar.

El SPI (Serial Peripheral Interface) es una conexión básica de tres hilos síncrona donde se usa para comunicar micro-controladores con periféricos u otros micro-controladores. (Sparkfun, 2013)

2.15 Dirección IP

“Una dirección IP es un protocolo de la capa de red, que sirve para encaminar los paquetes de un origen a un destino, donde el protocolo mantiene unida a la Red con el usuario” (lolmos, 2015)

2.15.1 Clases de dirección

Las Direcciones IP se dividen en varias categorías, las mismas que incluyen la Clase A, B, C, D (multidifusión) y E (reservado). Las clases de direcciones en parte son basadas en el número de bits que hacen la parte de la red de la dirección y, a su vez cuántos quedan para la definición de direcciones de host individuales.

- En direcciones de Clase A, la porción de red es el primer octeto.
- En la Clase B, la porción de red son los dos primeros octetos.
- En la Clase C, la porción de red son los tres primeros octetos.

En la Figura 17 se muestra cómo la red y los ID de host son diferentes para cada clase de Direcciones IP (Cisco, 2013)

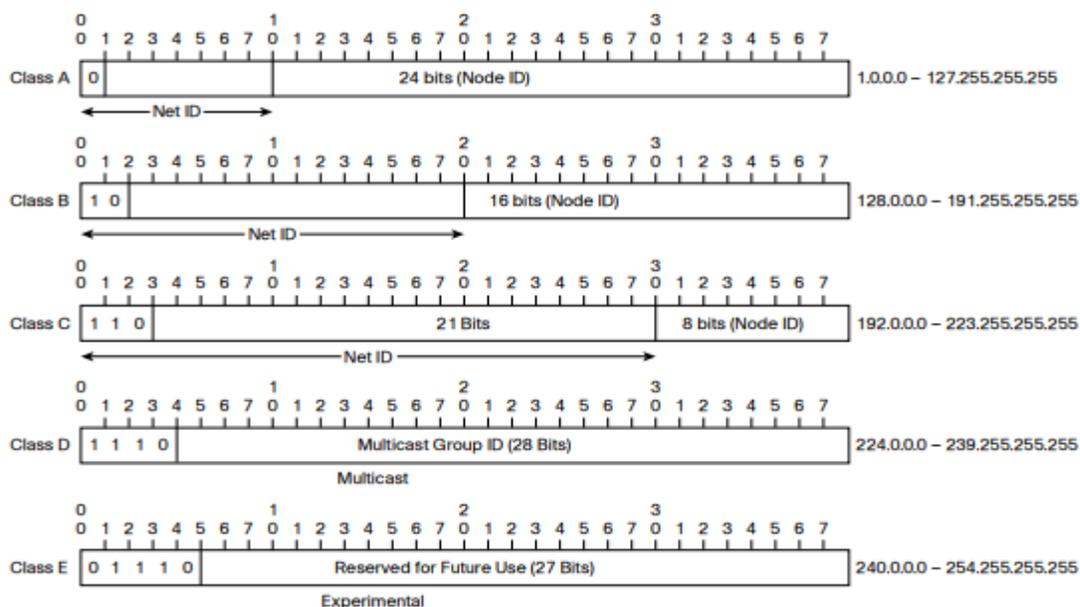


Figura 17: Tipos de Direcciones IP

Fuente: (Cisco, 2013)

2.16 Sensores

Un sensor puede ser definido como un dispositivo eléctrico o mecánico cuyo objetivo es convertir las magnitudes físicas de alguna variable o proceso en valores medibles. Para la elección del sensor, este debe estar acorde a las necesidades que se tenga, el material del cual este constituido y el tipo de medidas que se vayan a considerar, dentro de esto se considera en tres fases:

- El fenómeno físico que va ser medido es tomado por un sensor, y este muestra en su salida una señal eléctrica dependiendo este del valor de la variable física.
- Se necesita acondicionar la señal eléctrica para que en la salida sea tenga un valor de voltaje o de corriente (0-5V o de 4-20mA respectivamente).

- Los sensores necesitan de una señal amplificada de voltaje la cual en muchos de los casos se conecta a un convertidor A/D y se transforma la señal de tensión continua en una señal discreta. (Alvarez, 2012)

2.16.1 Clasificación de sensores

- **Por aporte de energía**
 - **Moduladores:** Necesitan una fuente de alimentación externa.
 - **Generadores:** No necesitan de una fuente ya que toman únicamente la energía del medio donde van a medir.
- **Por la señal de salida**
 - **Análogos:** La variación de salida cambia de forma continua, esta información por lo general se define por la amplitud.
 - **Digitales:** Su salida varía en pasos discretos.
- **Por la relación entrada y salida:** Son definidas por órdenes; en cero, 1er y 2do orden.
- **Por su principio físico:** estos pueden ser capacitivos, resistivos, inductivos, piezoeléctricos, termoeléctrico, etc.
- **Según la magnitud media:** Estos se definen de acuerdo a los valores de salida requerida como temperatura, presión, aceleración, radiación, etc. (Pallas Areny, 2003)

a. Sensores de temperatura

Desde la antigüedad la temperatura es un parámetro que busca ser medido, es por ello que se aplican diferentes métodos. Las formas de cuantificar la temperatura han ido evolucionando con el paso de los años buscando adaptarse a las demandas del mercado, es por esto que hoy se producen modelos portátiles para ser usados en la industria, dentro de estos tenemos los sensores tipo termopar, de RTDs, termistor y su unidad de medida puede ser en grados Celsius o Kelvin, en la figura 18 se puede ver una comparativa de estas unidades de medida.

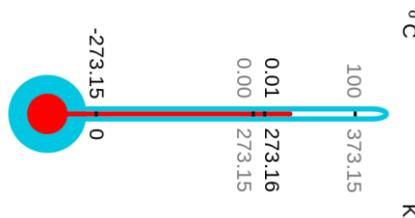


Figura 18: Comparación de escalas Celsius y Kelvin

Fuente: (Kismalac, 2011)

b. Sensores de caudal

Los sensores de flujo o caudalímetros son utilizados en medios de volumen cerrados y consiste en poder determinar la cantidad de volumen o masa que atraviesa por una sección por unidad de tiempo. Así por ejemplo el caudal puede ser medido por sensores tipo pistón o de paletas, en la figura 19 pueden verse como están constituidos estos sistemas.

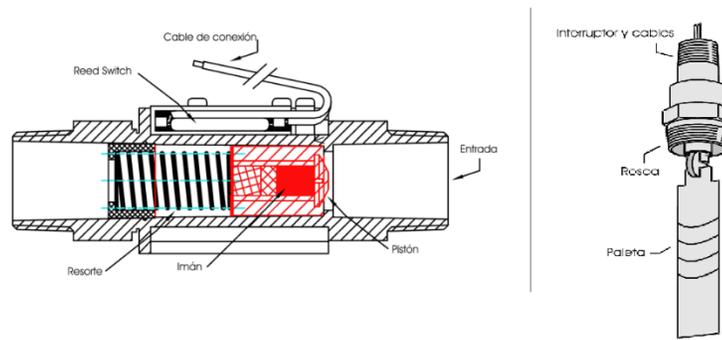


Figura 19: Sensor de caudal, Pistón y de Paleta

Fuente: (Wikipedia, 2018)

c. Sensores de radiación

Este tipo de sensores son utilizados como un instrumento meteorológico para medir la radiación solar que incide sobre la superficie de la tierra. El sensor busca medir la densidad de flujo de radiación solar (W/m^2), esta medición varía dependiendo del ángulo de lectura de los sensores, por lo general su campo de visión es de 180° . los sensores también son conocidos como solarímetro y actinómetro. En la figura 20 se muestra un ejemplo de piranómetro.



Figura 20: Piranómetro

Fuente: (Systems, 2018)

2.17 Hipótesis

Con el desarrollo de un sistema de monitoreo en web server se podrá monitorear las variables de temperatura, caudal y radiación solar de un colector solar por medio de la web a través de una dirección IP para realizar el análisis de balance energético.

2.18 Variables de la investigación

Variable independiente: Diseñar e implementar un sistema en web server para el monitoreo de variables.

Variable dependiente: Monitoreo y balance energético en base a las variables de temperatura, caudal y radiación en un colector solar plano.

En la tabla 2 se encuentra la operacionalización de la variable independiente.

Tabla 2

Operacionalización de la variable independiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Diseñar e implementar un sistema web server para el monitoreo de variables.	El diseño de un sistema web server será implementado para realizar el balance energético de un colector solar de placa plana midiendo la	Determinar y adquirir sensores a usar	Sensor de radiación solar
			Sensor de caudal
			Sensores de temperatura
		Acondicionar sensores	Piranómetro
		Caudalímetro	
		Temperatura	
		Programación de la placa controladora	Software de programación

CONTINÚA 

radiación solar, temperaturas de entrada y salida del colector, la temperatura ambiente y su caudal de circulación	Fundamentos de programación
--	-----------------------------

En la tabla 3 se encuentra la operacionalización de la variable dependiente.

Tabla 3

Operacionalización de la variable dependiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
Monitoreo y balance energético en base a las variables de temperatura, caudal y radiación en un colector solar plano.	El monitoreo de las variables de temperatura, caudal y radiación solar permite determinar el comportamiento de un colector solar plano comercial promedio y realizar el análisis de balance energético	Temperatura de entrada vs tiempo	Temperatura	°C
		Temperatura de salida vs tiempo	Temperatura	°C
		Temperatura ambiente vs tiempo	Temperatura	°C
		Caudal vs tiempo	Caudal	Lt/min
		Radiación vs tiempo	Radiación	Wm ⁻²
		Balance energético	Rendimiento	%

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Antecedentes Investigativos

Los recursos naturales a lo largo del tiempo sin tener un inicio específico fueron desarrollados para que estos sean utilizados como un medio de locomoción y calefacción, es por esto que las energías renovables han tomado cada vez más aceptación dentro de la población y por ende este tipo de energías han dejado de ser consideradas como un medio de producción y desarrollo pobre para pasar a ser considerado como un proyecto viable gracias al desarrollo tecnológico apuntando a un mejor futuro, como una fuente inagotable de recursos.

Mientras que con el avance de la nueva tecnología que se va presentando hoy en día los controladores de última generación permiten al usuario tener el control de los procesos y monitoreo en tiempo real y estos puedan ser realizados de manera remota sin importar las distancias, simplemente con acceso a la web a través de un web server; estas opciones están disponibles en el mercado en distintas marcas las cuales han revolucionado al medio donde esta tecnología es requerida, ya sean por páginas públicas o privadas.

En el artículo publicado por la Universidad de Freiburg de Alemania, "Importance of urban meteorological stations", realizado en el 2013 por Albert Ludwigs realizó un sistema

para el monitoreo de una estación meteorológica Situado en la parte norte del centro de la ciudad de Friburg (272 m sobre el nivel de mar.), la estación se instaló en el techo del edificio de química de la universidad a 51 m sobre el nivel del suelo, la estación puede ser monitoreada desde la página <http://www.mif.uni-freiburg.de> con lecturas de intervalos de cada 10 minutos. (Matzarakis & Mayer, 2017)

El artículo publicado por “Universiti Teknologi MARA, Shah Alam, Selangor, Malaysia” realizado por el Grupo de Investigación Electromagnética Aplicada, Comunidades de Investigación Avanzada de Computación y Comunicación en la facultad de ingeniería eléctrica desarrolló un sistema de monitoreo para un dispositivo eléctrico y este pueda ser revisado de manera remota desde cualquier lugar con acceso a la web, los datos son almacenados en una micro sd conectado a un microcontrolador que registra y envía los datos utilizando la conexión GPRS. (MARA, 2015)

Otro de los artículos relacionados es el publicado en 2002 por el departamento de ciencias aplicadas ubicado en Kuwait, donde su estudio se basa en determinar el rendimiento térmico de un colector solar de placa plana de 2 m² usando diferentes tipos de arreglos. (Abdullah, Abou-Ziyan, & Ghoneim, 2003)

3.2 Modalidad de la Investigación

En la modalidad de la investigación lo que se tiene es un tipo o varios tipos de formas de hacerlo, mismas que ayudarán a llevar a cabo el proyecto ya que así se logra orientar los procedimientos para ser elaborado de una forma más ordenada, dentro de este campo

también están los distintos procesos o técnicas y procedimientos que puedan ser utilizados según como sea requerido.

3.3 Tipos de investigación

3.3.1 Investigación Bibliográfica

Dentro del proyecto a desarrollar para su investigación se utilizan fuentes bibliográficas como catálogos, libros de ingeniería, páginas web, normas, folletos, papers, etc, las cuales ayudará a obtener información de lo que es el manejo de un sistema web server y como puede ser aprovechado para el monitoreo de variables para que ayude al desarrollo de la investigación planteada.

Otro de los puntos donde esta investigación nos será de ayuda es para identificar y acceder a la información acerca del equipo donde se realizara el estudio, su funcionamiento y características técnicas del mismo todo lo que sirva para la contribución del proyecto planteado.

3.3.2 Investigación de Campo

La investigación será desarrollada en la terraza del bloque C en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga misma donde el proyecto será implementado ya que aquí es donde se dispone de los recursos necesarios para el desarrollo del proyecto, esta información debe ser lo más amplia posible para determinar qué es lo que pudiese faltar. El proyecto está destinado para el área de Fuentes Alternativas de Energía.

3.3.3 Investigación Experimental

Para el desarrollo de la investigación se hace el uso de equipos que permitan obtener datos e información necesarios para el desarrollo e implementación del sistema web server, los datos obtenidos por medio de la medición de variables físicas son la temperatura, caudal y radiación con la finalidad de obtener un sistema fiable con valores reales.

3.4 Diseño de la investigación

El diseño de investigación lo que hace es referenciarse en la forma o metodología por la que el investigador busca cumplir los objetivos del proyecto planteado, ya sea de forma ordenada y sistemática, lo que se quiere decir de manera más simplificada es que el diseño de la investigación se enfoca en adoptar una forma de cómo responder al problema planteado. (Arias, 2012)

El proyecto tiene como objetivo el monitoreo de las variables que presenta un colector solar plano, dichas variables son la temperatura a la entrada, salida y ambiental, además del caudal que presenta el sistema a implementar y por último se medirá las variaciones de irradiancia solar, esto será realizado mediante la utilización de sensores con su respectivo grado de protección a la intemperie dependiendo de su ubicación ya que el equipo se encuentra en un sistema abierto al ambiente; el procesamiento se lo realizará por una placa o tarjeta electrónica controladora y una tarjeta adicional que pueda ser adaptada para el envío de datos a la red.

3.5 Niveles de la investigación

3.5.1 Exploratoria

Para obtener el resultado deseado esta investigación se lo implementará pero no de manera principal ni tan importante, debida a que el tema si tiene estudios previos similares pero no definidos dentro de lo que se requiere tener como resultado final, por lo cual para realizar el análisis se basará en estudios de bancos de pruebas hasta tener una idea clara y precisa del estudio a ejecutarse.

3.5.2 Descriptiva

En el proyecto de investigación lo que se procede a realizar es la recopilación de información previa, para determinar el estado del equipo y la funcionalidad del mismo para poder tomar medidas previas de forma local, de una mejor manera para entenderlo el proyecto se lo va ir detallando, así como también se irá solucionando conforme los inconvenientes vayan apareciendo durante el diseño del sistema de adquisición de datos.

3.5.3 Investigación explicativa

Tomando a consideración lo definido en el párrafo anterior lo que se busca es que el equipo pueda ser monitoreado de forma remota y facilite a los estudiantes realizar sus prácticas dentro de las tecnologías actuales reemplazando la forma local; para llegar al fin deseado se irán planteando todos los aspectos que vayan a influir en el diseño y dimensionamiento del sistema.

3.6 Población y muestra

En la tabla 4 se muestra un banco de preguntas básicas que nos permite tener una base del porque y para que del proyecto en cuestión.

Tabla 4

Tablas de preguntas

Preguntas básicas		
1	¿Para qué?	Para el monitoreo de datos por medio de la red
2	¿De qué personas u objetos?	De un colector solar plano
3	¿Sobre qué aspecto?	El estudio y procesamiento de los datos obtenidos
4	¿Quién? ¿Quiénes?	Investigador
5	¿Cuándo?	2017-2018
6	¿Dónde?	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga
7	¿Cuántas veces?	Una vez
8	¿Qué Técnicas?	Mediciones
9	¿Con qué?	Ethernet Shield de Arduino
10	¿En qué situación?	En condiciones ambientales normales

3.7 Técnica de recolección de datos

3.7.1 Observación de Laboratorio

Para tomar como punto de partida al proyecto es necesario verificar las características técnicas del equipo, y observar su funcionamiento estándar cuando el equipo este sometido a medios ambientales favorables, esto se lo hace con el fin de observar la fiabilidad y confiabilidad del equipo que se tiene y la viabilidad de que el proyecto se lleve a cabo sobre el colector solar plano.

3.7.2 Instrumentos

Para la obtención de datos de las variables a medir se necesita un sensor de caudal que este ubicado a la entrada del colector, así como también un sensor de temperatura para el estado del agua en el cual ingresa al sistema; otro de los sensores a implementar en el colector es un sensor de temperatura a su salida para determinar los cambios de temperatura en el sistema; un tercer sensor de la temperatura ambiente es necesario para determinar las variables de rendimiento del sistema; y por último el equipo a implementar es un sensor de radiación también conocido como piranómetro, los sensores a buscar deben ser de preferencia acondicionados a los 5V, ya que estas son señales que las tarjetas controladoras suelen necesitar para su correcta lectura.

3.8 Técnica de análisis de datos

En el proyecto de investigación desarrollado para realizar el balance energético de un colector solar plano se utiliza los datos medidos de temperatura tanto a la entrada y salida de la placa del colector, además del caudal y radiación por medio de un piranómetro; anexo a esto se implementa un sensor de temperatura para medir las condiciones ambientales y así poder determinar el rendimiento en el cual esté funcionando, estas mediciones serán analizadas para determinar la hipótesis planteada, esto podrá ser realizado de la siguiente manera:

- Análisis y observación del equipo a ser monitoreado
- Recolección de datos preliminares
- Estudio de datos

- Análisis de parámetros iniciales
- Estimación de variaciones o errores en el sistema
- Interpretación de resultados

3.9 Técnicas de comprobación de hipótesis

La investigación tiene como fin llegar a comprobar la hipótesis planteada, para lo cual se tomará como punto de partida los análisis recolectados de forma previa para tener un panorama más claro de los valores a ser medidos y saber que estos sean o no los correctos.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación en este capítulo se procede a la adquisición de los objetivos planteados en la investigación en curso para poder tener una idea más definida que es lo que se requiere hacer y cuál es el punto de partida previos a considerar para la realización del mismo.

4.1 Análisis de resultados

4.1.1 Colector solar implementado

En la terraza del bloque C se encuentra ubicado el colector solar plano de tipo pasivo con implementación directa ya que tiene un tanque para el almacenamiento del agua y un colector de un área bruta de 1.77 m^2 , sus características serán detalladas a continuación:

a. Características de colector solar plano

Dimensiones

Las medidas presentadas según como se indica en el anexo 1 son las siguientes:

- Largo: 1900 mm

- Ancho: 1090 mm
- Profundidad: 90 mm

Características

- Área bruta: 2.10 m²
- Área de absorberdor: 1.77 m²
- Abertura de apertura: 1.87 m²
- Peso en vacío: 31 kg
- Capacidad de fluido: 1.18 lt
- Control de operación: 14 bares
- Presión de operación: 8 bares
- Caudal recomendado: 45 lt/h.m²
- Coeficiente óptico del captador n_0 : 0.696
- Coeficientes de pérdidas térmicas
- k_1 : 4.821 W/m²K
- k_2 : 0.015 W/m²K

La hoja de datos del manual de usuario del colector solar plano QR D se encuentra en el Anexo1.

b. Acumulador o tanque solar

El sistema tiene un acumulador con una capacidad de 150 litros y soporta presiones de hasta 6 bares para trabajo, el equipo presenta las siguientes características:

- Superficie externa, que consta de una chapa de acero galvanizado el cual da una protección contra la intemperie para alargar su vida útil.
- Aislamiento que comprende de una capa de poliuretano rígido con un espesor de 40 mm para evitar la pérdida de calor.
- Superficie interna que es de chapa de acero enlozada con una capa doble de esmalte de 400 micras y secado en horno.
- Entrada de agua fría de la red.
- Ánodo de sacrificio.
- Entrada de agua al intercambiador.
- Salida de agua caliente a consumo.
- Salida de agua del intercambiador.
- Peso neto de 56Kg.

4.1.2 Mediciones de parámetros del colector (caudal, temperatura)

En el sistema que se encuentra implementado actualmente para la determinación de parámetros del colector el usuario lo realizaba de manera local con un computador y el software Labview, con sensores RTD para la temperatura de salida y entrada, y un sensor electromecánico para el caudal.

En el sistema se realizó un registro de datos con mediciones tomadas en intervalos de cada hora para determinar el caudal promedio que el sistema tiene en estado de recirculación, en la tabla 5 se muestran los datos tomados manualmente en una mañana promedio.

Tabla 5*Toma de datos físicos*

Hora	Caudal (litros/hora)	Caudal (litros/minuto)
8h30m a 9h30m	10.4	0.17
9h30m a 10h30m	13.9	0.23
10h30m a 11h30m	13.3	0.22
11h30m a 12h30m	15.2	0.25
12h30m a 13h30m	14.2	0.23

Dentro de las mediciones realizadas se tiene que en el caudal en recirculación alcanza un valor entre 10 y 15 litros/hora es decir entre 0.17 y 0.25 litros/minuto respectivamente, estas mediciones son tomadas en un día despejado, por otra parte la temperatura en recirculación alcanza medidas de hasta 30°C a la entrada y de 70°C justo a la salida.

4.1.3 Medición de irradiancia

El sistema implementado no tiene adquisición de datos para las lecturas de irradiancia solar, por lo cual no hay forma de tomar la eficiencia instantánea del colector en la cual este trabajando, el cálculo se lo hace solo en función de la diferencia de temperatura de salida, entrada y caudal. Por lo que si se desea determinar la eficiencia se lo podría hacer por medio de un piranómetro manual tomando sus lecturas en diferentes intervalos de tiempo.

4.2 Comprobación de hipótesis

La comprobación de la hipótesis del proyecto planteado es lo que facultará la viabilidad del mismo para saber si será o no rechazada la hipótesis planteada.

Para lo cual se recomienda los siguientes pasos:

1. Plantear Hipótesis
 - a. Hipótesis Nula
 - b. Hipótesis alternativa
2. Estadístico de prueba
3. Regla de decisión

4.2.1 Planteamiento de Hipótesis

a. Hipótesis nula

No se puede monitorear las variables de temperatura, caudal y radiación solar de un colector solar plano de forma remota para determinar el balance energético.

b. Hipótesis alternativa

Se puede monitorear las variables de temperatura, caudal y radiación solar de un colector solar plano de forma remota para determinar el balance energético.

4.2.2 Estadístico de prueba

Como punto de partida las variables de investigación serán definidas en la tabla 6 de la siguiente manera:

Tabla 6*Variables de investigación*

Variables de investigación	
Variable Independiente (VI)	Sistema web server
Variable Dependiente (VD)	Balance energético

A continuación en la tabla 7 se plantea un cuestionario, mismo que contienen a las respectivas variables teniendo en consideración de que ambas son de tipo cualitativo para poder determinar la relación que existen entre sí.

Tabla 7*Preguntas de las variables*

Variables	Pregunta
Variable Independiente (VI)	¿El colector solar plano cuenta con un sistema de monitoreo local o remoto?
Variable Dependiente (VD)	¿El colector presenta un dato de eficiencia o balance energético de forma directa?

CAPÍTULO V

PROPUESTA

5.1 Tema de la propuesta

Diseño e implementación de un sistema web server para el monitoreo y balance energético en un colector solar plano.

5.2 Datos informativos

Nombre de la empresa: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.

Dirección: Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Calle Quijano y Ordoñez y Hermanas Páez, Laboratorio de Fuentes Alternativas de Energía.

Tipo de Empresa: Educación

Tamaño de Empresa: Grande

5.2.1 Beneficiarios

Estudiantes de carrera de Ingeniería Electromecánica, en el campo de las energías renovables y fuentes alternativas.

5.3 Objetivos

5.3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema Web Server por medio de tarjeta electrónica para el monitoreo y análisis de balance energético en un colector solar plano en función de las variaciones de temperatura, caudal y radiación solar en las cuales se encuentra sometido.

5.3.2 Objetivos específicos

- Analizar y determinar los sensores de caudal, temperatura de entrada, temperatura de salida, temperatura ambiente y radiación solar necesarias para su posterior implementación en el sistema de agua caliente sanitaria.
- Diseñar un sistema web server en el colector solar plano implementado donde se permita el monitoreo de variables en tiempo real y su almacenamiento en la red.
- Desarrollar la vinculación entre la plataforma IOT para que los datos sean visualizados por el usuario, ya sea desde un computador o un Smartphone que estén conectados a la red.
- Realizar el balance energético del colector solar plano en base a los datos medidos en un rango de tiempo determinado para que estos permitan determinar su rendimiento.

5.4 Justificación de la propuesta

El presente modelo del sistema a implementarse es para la determinación del balance energético y determinar la eficiencia con la cual está operando un colector solar plano

comercial ubicado en la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Latacunga, se lo hace con el fin de tener un sistema de monitoreo en la red que facilite el desarrollo de prácticas a los estudiantes del área de las energías renovables.

A partir de los conocimientos adquiridos lo que se pretende es que los estudiantes incrementen su conocimiento en un grado mayor en lo que estas nuevas tecnologías ofrecen para determinar el balance energético del colector solar plano en las condiciones ambientales normales, los datos monitoreados en el colector son los de temperatura a la entrada, la temperatura a su salida, temperatura ambiente, también se mide el caudal y la irradiancia solar, estos datos son enviados al módulo web server el cual permitirá visualizar las tareas de monitoreo para que estén sean gestionadas por usuario según como sea requerido.

5.5 Fundamentación propuesta

La propuesta mencionada en este capítulo hace referencia al diseño e implementación de un sistema web server que permitirá la adquisición de variables de temperatura, caudal y radiación que están presentes en el colector solar plano, los datos serán presentados a través de una plataforma IOT en promedio de 4 lecturas por minuto es decir en intervalos de cada 15 segundos, las lecturas serán dadas en tiempo real y estas servirán para determinar el parámetro de eficiencia a los cuales está operando el equipo, también se busca que el monitoreo sea almacenado en una base de datos con el cual se pueda proceder a determinar el balance energético en un periodo de tiempo según como requiera el usuario.

5.6 Diseño de la propuesta

5.6.1 Resumen

Este bloque define un breve bosquejo del formato a tomar en cuenta de cómo se elaborará la propuesta

- **Selección de sensores:** Para la adquisición de equipos se consideran los rangos de medida a los que está sometido el colector solar plano, además de la configuración y comunicación del equipo a la red.
- **Obtención de medidas:** Las señales obtenidas deben estar normadas dentro del rango de 0 a 5v para tener mayor confiabilidad con cualquier placa controladora que se vaya a utilizar, en el caso de que la señal no esté dentro del rango esta deberá ser acondicionada.
- **Procesamiento de datos:** Las señales obtenidas deben ser presentadas dentro de las unidades respectivas de ingeniería para que estos puedan ser interpretados por los estudiantes.
- **Comunicación a la red:** Programación de una tarjeta web server para comunicarlo a red.
- **Resultado final:** Determinación de balance energético el cual permite la obtención de curvas en función de su comportamiento.

5.6.2 Arquitectura del proyecto

En la figura 21 se muestra el esquema estructural de como es el proceso para la obtención de datos, el procesamiento y su comunicación con la red para el muestreo de los datos obtenidos y representados de forma gráfica.

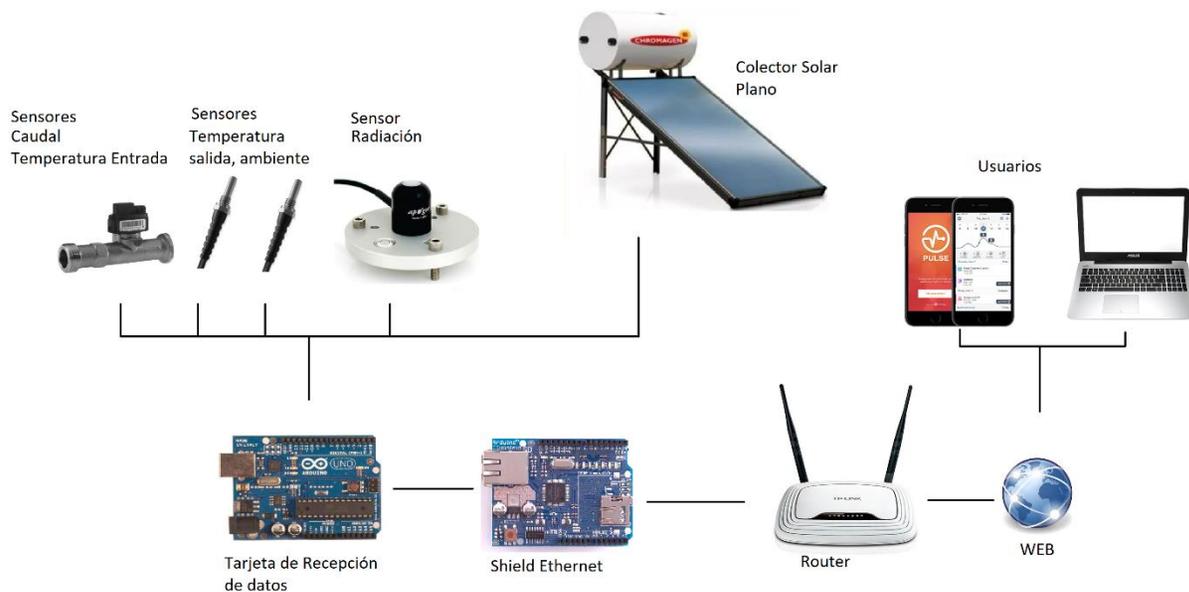


Figura 21: Esquema de conexión del sistema de monitoreo

5.7 Criterios de selección de sensores

Para los criterios a considerar en la selección de sensores que se vayan a implementar se debe tener en cuenta la ubicación, rangos de utilidad, alimentación y tipos de salidas que brinden para que estas puedan ser o no acondicionadas según como sea necesario.

5.7.1 Selección de sensor de caudal - temperatura

Para la selección del sensor que se va a ubicar en la entrada del colector se toma en cuenta los rangos de lectura de circulación de caudal teniendo como referencia un valor máximo aproximado de entre 8 y 9 litros/minuto en descarga y para el valor mínimo se considera según su recirculación para lo cual según la tabla 5 ubicada en el punto 4.1.2, donde se obtuvo valores de 10 a 15 litros/hora lo cual extrapolado se tiene de 0.16 y 0.25 litros/minuto respectivamente, en base a estas consideraciones se deberá seleccionar el sensor.

a. Sensores Resol Grundfos VFS

Los sensores Grundfos Direct Sensors tipo VFS de la marca resol (ver figura 22) son una serie de sensores combinados de flujo y temperatura, es decir son dos en uno los cuales están basados en el principio de vertimiento de vórtices detrás de un cuerpo. Los sensores VFS están diseñados para producción de alto volumen y son totalmente compatibles con medios húmedos y agresivos. El sensor VFS utiliza tecnología MEMS (sistema microelectromecánico) con recubrimiento resistente a la corrosión lo cual hace al sensor muy robusto e ideal para este tipo de aplicaciones.

El sensor puede ser usado de forma agresiva con fluidos debido al grado de protección con que el equipo cuenta, así como también con el agua doméstica siendo este último la razón ideal para la ocupar en la medición del caudal y la cantidad de calor que el sistema solar térmico tiene a su entrada. (Resol, 2014)



Figura 22: Sensores VFS Grundfos

Fuente: (Resol, 2014)

En la Tabla 8 se presenta un resumen de las especificaciones y características técnicas de los sensores que dispone la marca resol considerando la utilidad que se le va a dar, para mayor información ver Anexo 2.

Tabla 8

Especificaciones técnicas de sensores VFS

Equipo	VFS 1-12QT	VFS 2-40QT	VFS 1-20QT
			
Rango medición	de 1-12 litros/min	2-40 litros/min	1.3-20 litros/min
Tiempo respuesta	de 250 ms	250 ms	250 ms
Temperatura operación	de 0 a 100C	0 a 100C	0 a 100C

CONTINÚA



Fuente de Alimentación	de 5 Volt	5 Volt	5 Volt
Tiempo de respuesta	<3 seg	<1 seg	<1 seg
Señal de Salida	Acondicionada	Acondicionada	Acondicionada
Tipo de protección	IP20	IP20	IP20
Material	Acero Inoxidable 1.4408	Acero Inoxidable 1.4408	Acero Inoxidable 1.4408
Cable	Revestimiento PVC (-30C a 80C) Conductor trenzado, flexible de cobre	Revestimiento PVC (-30C a 80C) Conductor trenzado, flexible de cobre	Revestimiento PVC (-30C a 80C) Conductor trenzado, flexible de cobre
Sensor	Tipo: MEMs a base de silicio	Tipo: MEMs a base de silicio	Tipo: MEMs a base de silicio

Fuente: (Resol, 2014)

b. Análisis de Elección

Para hacer la elección correcta primero se nota que todas las opciones requeridas cumplen con los parámetros de alimentación y tiempo de respuesta, además de los rangos de operación; el principal inconveniente que aparece en el sistema es el rango mínimo de operación ya que todos maniobran desde mínimo un litro/minuto y como se notó en el punto 4.1.2 los caudales obtenidos en el equipo no alcanzan dichos valores por esta razón será necesario que el sistema tenga una recirculación forzada, aunque otra solución puede ser incrementar el número de colectores en paralelo, pero no es lo que se busca en el presente proyecto.

Con la implementación de la bomba el sistema pasará de ser un colector solar plano de tipo pasivo a uno activo, la bomba debe ser elegida en función de la cantidad de caudal permisible en el colector, así:

Caudal recirculación

$$45 \text{ lt/h.m}^2 * 1.77 \text{ m}^2 = \mathbf{79.65\text{lt/h o } 1.33 \text{ lt/min}}$$

Donde:

45 lt/h.m² = Caudal recomendado (dato dado por el fabricante)

1.77 m² = Área de absorberdor

El 1.33 lt/min es el indicado para la elección de la bomba, este se encuentra dentro de los parámetros de lectura del sensor por lo cual la bomba también debe estar acorde a estas características.

Al ser un caudal tan pequeño con el que el sistema puede funcionar la primera opción que se tiene en el mercado son las bombas de recirculación de fuentes, esto debido a que son de tamaño compacto. La bomba AD20P-1230C brinda las siguientes características:

- Alimentación: 12V
- Altura máxima de absorción: 3m
- Corriente: 300 mA
- Potencia: 3.5W
- Caudal máximo: 240lt/h o 4 lt/min, este valor es regulable

En la figura 23 se puede observar la bomba seleccionada para cambiar al colector de tipo pasivo a uno activo.



Figura 23: Bomba AD20P-1230C

Fuente: (Tecnimicro)

c. Implementación de bomba de recirculación

La bomba para la recirculación del sistema será implementada en el circuito de entrada del colector solar como se indica en la figura 24, aquí también se instaló un juego de llaves de paso para que el sistema tenga las dos opciones tanto de colector pasivo y activo.

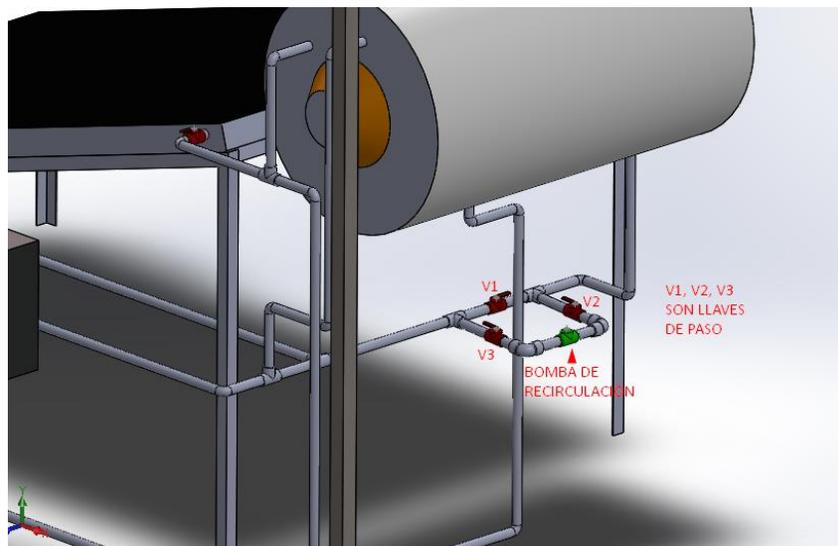


Figura 24: Implementación de la bomba de recirculación

d. Implementación del sensor VFS

Para la implementación del sensor VFS grufbos de resol se debe conectar las salidas a puertos análogos en la shield de sensores, para más referencia ver la configuración de los pines en la tabla 9, y para el escalamiento de señal se debe tener en consideración la figura 26, donde una vez más se nota que el equipo no tiene la necesidad de un acondicionamiento externo.

Tabla 9
Configuración de pines

Configuración Pin	
1	Señal de temperatura 0.5V a 3.5V Amarillo
2	Señal de Caudal 0.5V a 3.5V Blanco
3	GND (0V) Verde
4	Suministro electric (5V) Marrón

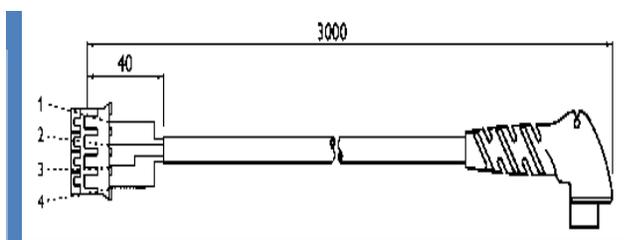


Figura 25: Cable de comunicación

Fuente: (Resol, <http://www.resol.de>, 2014)

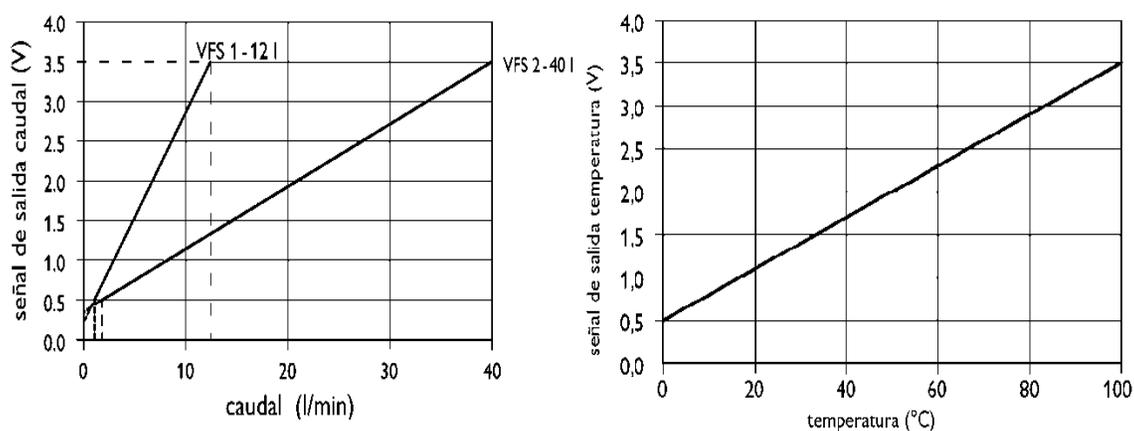


Figura 26: Escalamiento de señales

Fuente: (Resol, <http://www.resol.de>, 2014)

5.7.2 Selección de sensor de temperatura

a. Sensor Ds 1820 Dallas

El sensor de temperatura Dallas Ds 1820 es un sensor diseñado con cable de conexión de PVC hecho para ambientes abiertos expuestos a la atmósfera abierta, está destinado para superficies para gas no agresivo. Las sondas son selladas y pueden soportar el contacto con el agua, aunque la inmersión en líquidos más abrasivos no es recomendable por grandes intervalos de tiempo.

En el centro tiene un condensador de suministro y una resistencia de 10 k-ohm para la compensación de capacitancia de conexión, en la figura 27 se puede ver el sensor, además los sensores dallas solo necesitan la alimentación de 5V y una resistencia creando un circuito simple.

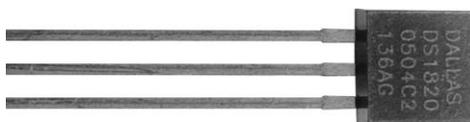


Figura 27: Sensor Ds1820 Dallas

Fuente: Anexo 3

b. Sensor RTD PT100

Una RTD (resistance temperature detector) es un sensor de temperatura tipo resistivo, es decir que mide la temperatura en función de la variación de la resistencia de un conductor. Al calentarse el metal, la resistencia tendrá una mayor agitación térmica

aumentando así su resistencia, su variación es bastante lineal pero en rangos amplios de temperatura.

c. Sensor Termocupla tipo k

La termocupla tipo K está conformado de dos hilos mecánicos metálicos los cuales transforman la energía térmica en eléctrica, es un sensor análogo y necesita de un acondicionador o conversor analógico a digital muy utilizado con este tipo de termopar, con este módulo existe la facilidad de conectar el termopar a cualquier microcontrolador.

En la tabla 10 se muestra un resumen con las especificaciones técnicas de los sensores a utilizar.

Tabla 10
Especificaciones técnicas de sensores de temperatura

Equipo	Dallas 1820	RTD	PT100	Termopar o Termocupla tipo k
				
Rango de medición	de -40°C hasta 125°C	0°C a 1250°C		0 a 800°C
Resolución	0.06°C	0.01 °C		0.25C
Fuente de Alimentación	de 3V a 5.5V	-		3V a 5.5V

CONTINÚA 

Tiempo de respuesta	750 ms	0.18 S	0.17 S
Señal de Salida	No necesita acondicionamiento	Necesita acondicionamiento	No necesita acondicionamiento
Resistencia	Resistente a la presión. 20 bar, con sellado	Resistencia a la presión	Resistencia a la presión
Material	Sensor de camisa protectora de acero inoxidable(1.4571)	Acero inoxidable	Acero inoxidable
Cable	SEMOFLEX de alta calidad, blindado para exteriores	TEFLÓN	Cubierta malla de acero inoxidable

d. Análisis de Elección

Uno de los parámetros elegir el sensor de temperatura para la medición de la salida del colector se lo hace en función de tiempo de respuesta a los cambios de temperatura, los rangos de medida y de preferencia no tener que acondicionar la señal, por lo cual el escogido es el sensor Ds1820, ya que es el que más se apega al perfil que se necesita.

Este sensor es el mismo que se selecciona para el uso de la medición de la temperatura ambiente por las mismas razones explicadas en el párrafo anterior.

e. Implementación de sensor Ds1820 Dallas

Este sensor será ubicado a la salida del colector solar plano, y como se indica en la figura 28 solo se necesita de una resistencia puenteada entre la salida de la señal y los 5V de alimentación, esta resistencia se la pondrá directamente en la shield de sensores, y posteriormente se lo colocará al sensor en un puerto de señal digital.

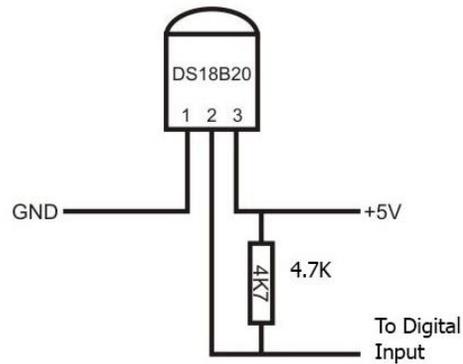


Figura 28: Conexión de sensor Ds1820

Fuente: (Souliss, 2016)

Como el sistema requiere de dos sensores del mismo tipo será necesario conectar de la siguiente manera como se indica en la figura 29, donde los sensores comparten la misma señal y una sola resistencia.

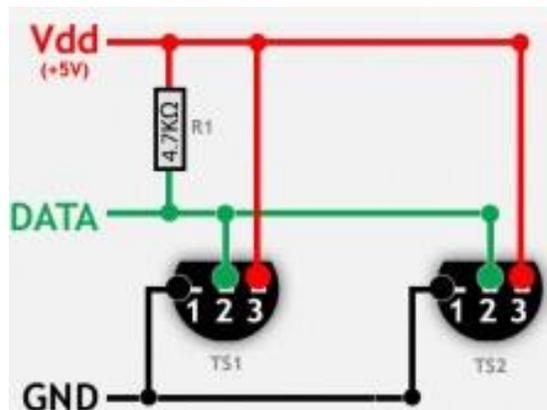


Figura 29: Conexión de 2 sensores Ds1820

5.7.3 Selección de sensor de Radiación

A continuación en la tabla 11 se presentan dos alternativas para determinar el recurso solar, y en base a esto realizar la elección más apropiada.

Tabla 11
Especificaciones técnicas de sensores de radiación

Equipo	SP 110	Sensor LI-Cor 200R
		
Alimentación	-	-
Sensibilidad	0.02mV por m ²	75 uA por 1000 W/m ²
Linealidad	Desviación máxima del 1% hasta 1750 W/m ²	Desviación máxima del 1% hasta 3000 W/m ²
Dependencia de temperatura	de +-0.04% por °C máximo	+ -0.15% por °C máximo
Rango de funcionamiento	de -40 °C a 70 °C	-40 °C a 65 °C
Detector	Fotocélula de silicio	Silicio de alta sensibilidad
Campo de visión	180°	120°
Rango espectral	360nm a 1120nm	400nm a 1100nm
Costo	\$300	\$335

a. Análisis de Elección

Para tomar la decisión adecuada del sensor a utilizar se parte de la capacidad del rango espectral y el campo de visión para la lectura ya que estos son las características más importantes que se necesita disponer, por estas razones el equipo seleccionado es el SP110.

b. Implementación de sensor de Radiación- Piranómetro SP110

El sensor de radiación SP110 pertenece a Apogee Instruments brinda al usuario precisión, confiabilidad y durabilidad del equipo. Tiene en su interior una célula de silicio de fotodiodo con excelente respuesta al coseno, estos piranómetros miden el total de radiación solar dentro de un $\pm 5\%$ y es una excelente opción a comparación del precio de los piranómetros de cuerpo negro que también tiene un fotodiodo, además puede ser sumergido hasta 30m de profundidad y posee un cable de 5 m de par trenzado apantallado de dos conductores, chaqueta de caucho (alta resistencia al agua, alta estabilidad UV, flexibilidad en condiciones frías). (Ver Anexo 5)

El sensor SP110 se montará junto al colector solar plano, este sensor será ubicado de forma independiente al colector solar, en la parte trasera evitando que pueda producir sombras que interfieran con el equipo, el sensor es ubicado en un pedestal tal como se indica en la figura 33 y se conecta al circuito montado en el gabinete eléctrico.

En las figuras 30 y 31 se muestran los rangos de lectura que el sensor dispone y su rango espectral respectivamente.

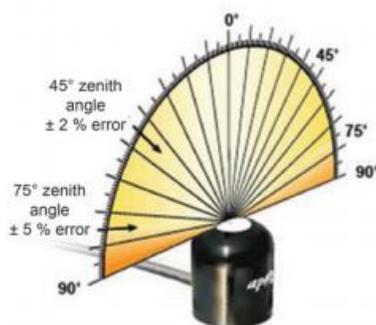


Figura 30: Rango de lectura

Fuente: (Apogee)

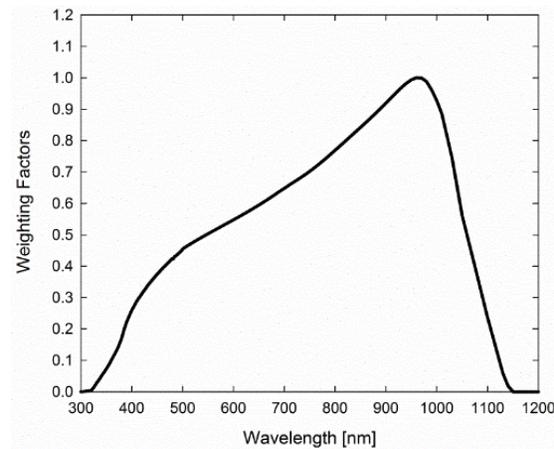


Figura 31: Rango Espectral

Fuente: (Apogee)

Como dato adicional se tiene que el piranómetro cuenta con una cabeza en forma de cúpula haciendo que el sensor sea completamente resistente a la intemperie, autolimpiante e impermeable a las fluctuaciones de precisión basadas en la temperatura, además es a prueba de envejecimiento acelerado extremo. Para garantizar la precisión, cada piranómetro Apogee está cuidadosamente precalibrado en condiciones controladas y trazables a estándares de referencia de clase ISO.

c. Acondicionamiento de sensor SP110

El sensor SP110 provee una señal de voltaje muy pequeña, por lo que se recomienda amplificar la señal para que esta pueda ser mapeada por arduino, el circuito necesario para esto es un circuito no inversor con amplificador operacional (ver figura 32) para que la señal sea regulada a 5V.

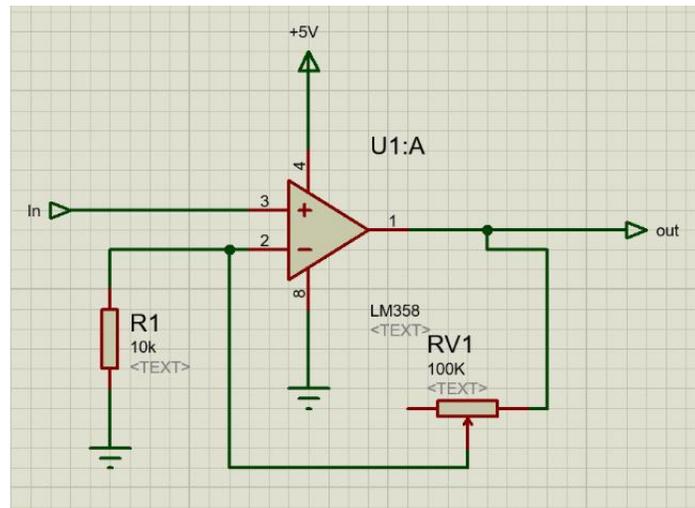


Figura 32: Acondicionamiento de señal

5.8 Selección del controlador

Dentro de los criterios más importantes a considerar para la obtención de la placa controladora deberá ser los siguientes:

- Disponibilidad en el mercado
- Memoria de almacenamiento
- Disponibilidad de software
- Número de entradas y salidas análogas
- Número de entradas y salidas digitales

En la tabla 12 se indica las especificaciones técnicas donde se resumen varios tipos de placas controladoras.

Tabla 12
Especificaciones técnicas de placas controladoras

Controlador	Aplicación	Micro	Memoria	Alimentación	Puerto Ethernet
Arduino Uno	Prototipos Proyectos	ATmega320	32 Kb	5-9V	NO
Arduino Mega 2560	Prototipos Proyectos	ATmega2560	256 Kb	5-9V	NO
Arduino Yun	Prototipos Proyectos	ATmel	32 Kb	3.3V	NO
Waspnote	Smart City Agricultura	ATMega 1281	128 Kb	3.3V - 4.2V	SI
Spark	Comunidad en crecimiento	ARM-32-Cortex	128 Kb	3V - 6V	NO

5.8.1 Análisis de Elección

De los parámetros indicados el controlador que se eligió es el Arduino MEGA 2560, uno de los parámetros para escoger es el voltaje de operación ya que para este caso es necesario que sea de 5V ya que los acondicionamientos de señales y sensores están referenciados a este nivel de voltaje; por esta razón se escogió un Arduino MEGA 2560, además de que brinda una cantidad de memoria mayor con la cual mejora el tráfico de datos. Para mayor información sobre esta placa controladora ver el Anexo 4.

5.9 Ubicación de sensores

En la figura 33 se muestra que el sensor VFS 1-12Lt será colocado a la entrada del colector para medir las señales de temperatura y caudal, en la salida del colector se ubicará el sensor Ds1820 para la medición de temperatura, mientras que el mismo sensor para medir la temperatura ambiente será colocada en el gabinete eléctrico donde se

procurará que el sensor no este directo al sol ya que esto influye para que sus medidas sean más confiables, en el Anexo 7 se muestra el plano del sistema.

El sensor de radiación solar o irradiancia será implementado junto al colector como se indica en la figura 33, para esto también hay que tener en cuenta de que no hayan sombras que puedan afectar en la lectura del sensor.

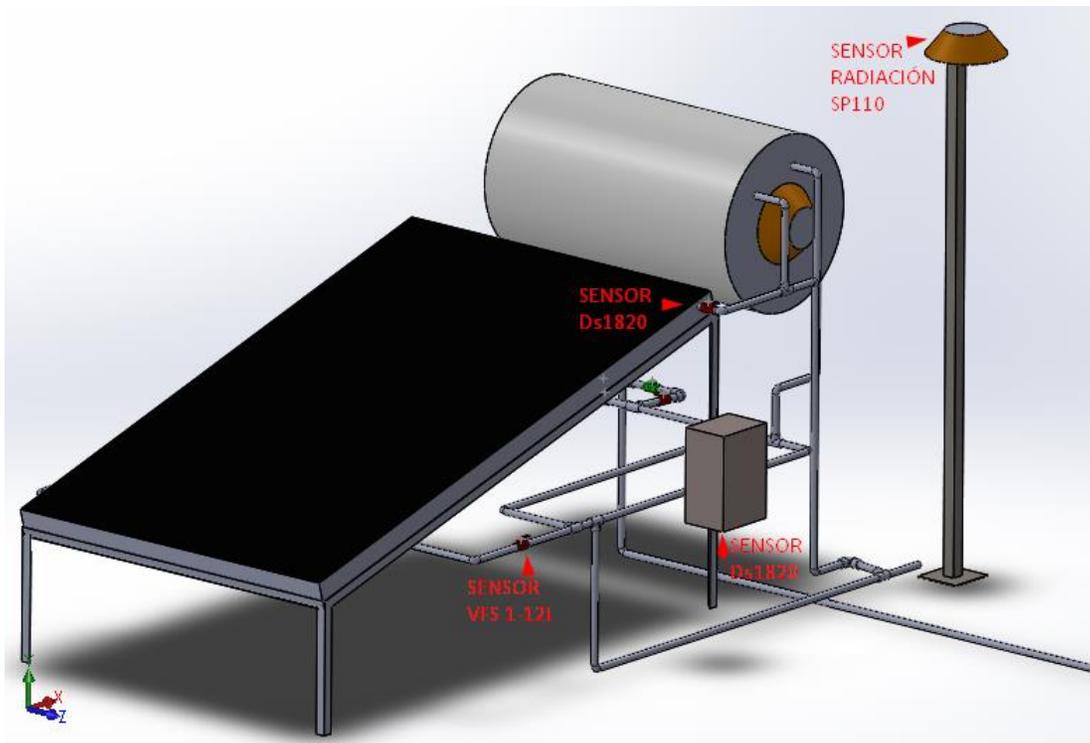


Figura 33: Implementación de sensores

5.10 Selección de la tarjeta Shield Ethernet

Para la selección de la tarjeta shield Ethernet que es la que se encargara del envío de datos a la red tenemos algunas opciones a nuestra disposición como se indica en la tabla 13, para poder tener una visión más clara de las opciones que se plantean, estas

son detalladas con sus características principales y en base a estas realizar la elección más inteligente.

Tabla 13

Especificaciones técnicas de la tarjeta Shields Ethernet

TARJETA	PLATAFORMA ABIERTA	ESTANDAR DE RED	PROTOCOLO	SPI	TCP/IP	SELECCIÓN
EZ WEB LYNX	NO	IEE 802.3/IEEE802.3u	TCP/UDP/IPV4/ ICMP/ ARP	NO	SI	X
RABBIT RCM3900	NO	IEE 802.3/IEEE802.3u	TCP/UDP/IPV4/ ICMP/ ARP	SI	SI	X
SP1-SITEPALYER	NO	IEE 802.3/IEEE802.3u	TCP/UDP/IPV4/ ICMP/ ARP	NO	SI	X
ARDUINO ETHERNET SHIELD	SI	IEE 802.3/IEEE802.3u	TCP/UDP/IPV4/ ICMP/ ARP	SI	SI	√
WASPMOTE	SI	IEE 802.3/IEEE802.3u	TCP/UDP/IPV4/ ICMP/ ARP	SI	SI	√
SPARK	SI	IEE 802.3/IEEE802.3u	TCP/UDP/IPV4/ ICMP/ ARP	SI	SI	√

5.10.1 Análisis de Elección

Según los datos que se pueden visualizar en la tabla anterior, lo que hace es tomar una muestra comparativa de las tarjetas controladoras más comerciales del mercado y sus funcionalidades, además se indica las características técnicas de cada una, evaluando estos criterios y en función del punto de red facilitado por la Universidad. El Arduino Ethernet Shield es el componente más idóneo para la construcción del sistema

web server, debido a la facilidad de adquisición en el mercado local y la confiabilidad que una comunicación Ethernet ofrece.

5.11 Selección de página IOT

Para tener la opciones disponibles de páginas de comunicación IOT se plantean de la misma manera anterior donde se tienen las opciones con sus principales características (Ver tabla 14) para en base a estas realizar la elección más adecuada.

Tabla 14

Páginas para comunicación IOT

Plataforma de comunicación	Hardware	Utilidad	Ventajas
Thingspeak	Arduino Uno, Mega, Nano, Yun Spark Raspberry Pi	Casas inteligentes Estaciones meteorológicas Prototipos	Interfaz Apps Integración redes Sociales Almacenamiento de datos en la red.
Carriots	Arduino Uno, Mega, Nano, Yun Raspberry Pi Electronic Imp	Energía Agricultura Bancos	Integración redes sociales Hw compatible Ámbitos de aplicación. Almacenamiento de datos en la red.
Electronic Imp	Electronic Imp	Consumidor Hogar Industria	HW compatible. Ámbitos de aplicación Ecosistema propio. Escalable. Envío de datos a la nube
Spark	Spark	Casas inteligentes Prototipos	Ideal para iniciarse. Escalable Comunidad nueva y al alza. Envío de datos a la nube
Thinking Things	Propietario	Casas inteligentes Prototipos	Fácil Configuración. Integración fácil entre HW Plataforma ideal para prototipos. Ideal para iniciarse.

5.11.1 Análisis de Elección

A partir de la Tabla No. 14, considerando las características principales y teniendo en cuenta la facilidad de comunicación con una API key; la plataforma elegida fue la de ThingSpeak debido a la facilidad que brinda para graficar los datos en tiempo real y la disposición que esta tiene para almacenar esta información para luego ser descargados en formato .csv cuando el usuario lo requiera, este formato puede ser abierto como archivo Excel.

5.12 Metodología para ejecutar la propuesta

5.12.1 Diseño del control web server

Para iniciar con el diseño del sistema web server es necesario partir de la selección de sensores que se los implementara al sistema, mismos que ya fueron seleccionados previamente en función de las necesidades requeridas, además del diseño de acondicionamiento de señales en el caso de ser necesario, posteriormente se procede a la selección de la placa controladora y más importante aún a la tarjeta shield o equipo que vaya a comunicar el sistema a la red, esta shield es la que funcionara como maestro, finalmente se debe seleccionar la plataforma IOT con la cual deberá estar comunicado

5.12.2 Plataforma Hardware

Al disponer de forma previa la placa arduino mega que fue seleccionada, además de la tarjeta shield Ethernet, conjuntamente estos elementos se podrán comunicar con la plataforma Software Thingspeak, además se dispuso utilizar una tarjeta shield de sensores la cual permitirá que el manejo de elementos sea más cómodo para el usuario

en caso de que se quiera cambiar un equipo, en la figura 34 se muestra como fueron ensamblados los equipos.

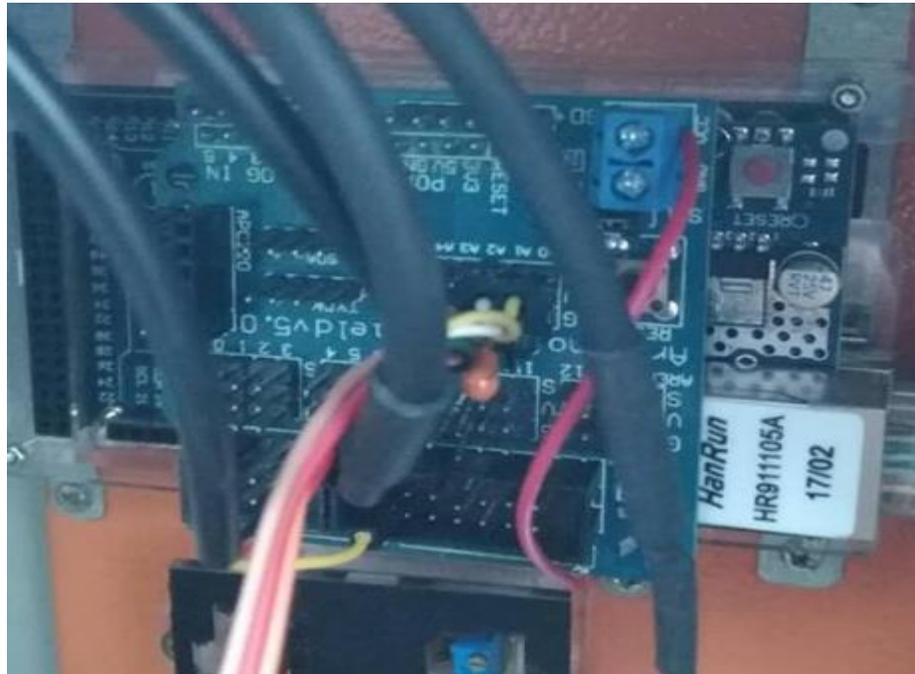


Figura 34: Tarjeta Shield de sensores

5.12.3 Conexión de la tarjeta Ethernet Shield

Antes de comenzar y conectar la tarjeta Shield es recomendable actualizar la última versión de software, según el sistema operativo que se utilice la operación varía, para este caso se utilizara un sistema operativo Windows 10 y el software de Arduino, de igual manera se recomienda que se la versión más actualizada.

5.13 Montaje de circuito

Una vez conectado la tarjeta Ethernet Shield y la tarjeta Shield de sensores a nuestra placa de Arduino se procede a conectar los sensores en las entradas análogas y digitales según como se indica en la figura 35, el plano eléctrico se encuentra en el Anexo 6, de manera más simplificada se expondrá en la tabla 15 a continuación:

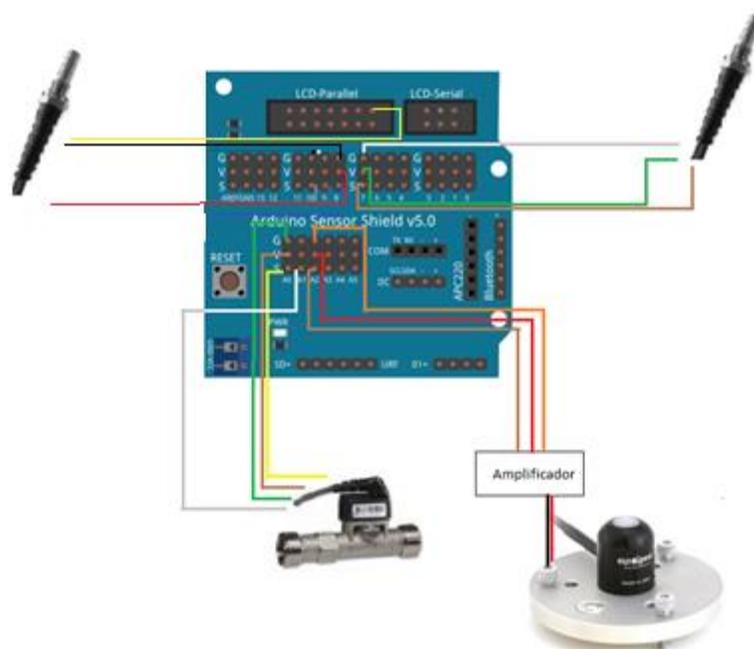


Figura 35: Diagrama de conexión

Tabla 15
Conexión de puertos

Sensores	Variables	Puertos
VFS Grundfos Resol	Temperatura y Caudal	A0/ A1 Análogo
Piranómetro SP110	Radiación	A2 Análogo
Dallas Ds1820	Temperatura	7 Digital
Dallas Ds1820	Temperatura	7 Digital

5.14 Programación de microcontrolador Arduino

5.14.1 Esquema Inicial

Como punto de partida se tiene un esquema de flujograma donde se explica cómo estará estructurada la adquisición de datos, esto se explica a continuación en la figura 36.

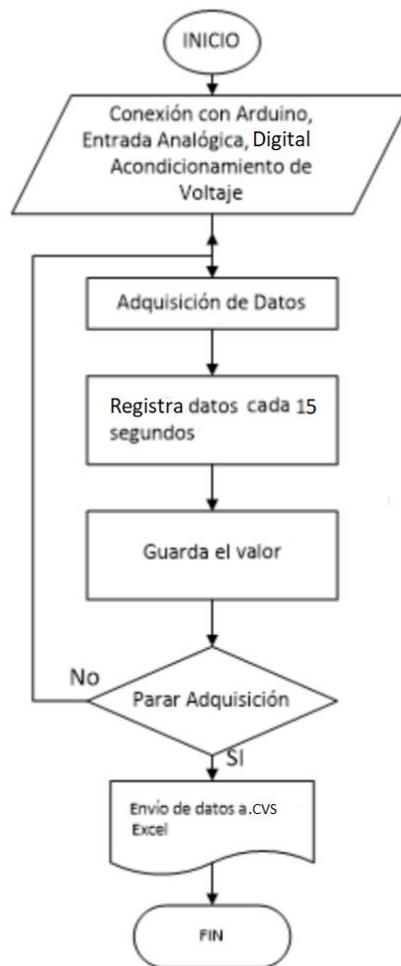


Figura 36: Diagrama funcional

5.14.2 Configuración Inicial

Para iniciar la programación se declaran las librerías necesarias como son "ThingSpeak.h", <OneWire.h> y <DallasTemperature.h>; la primera sirve para poder

configurar los parámetros de comunicación entre el microcontrolador y la plataforma, las dos librerías siguientes de One Wire y Dallas Temperature deben ser instaladas conjuntamente para poder realizar la implementación del sensor y es de suma utilidad ya que no se tendrá que realizar ningún mapeo de señal o alguna otra forma de lectura del sensor, las librerías anteriores nos servirá para para los dos sensores de radiación; en la figura 37 se indica un diagrama de flujo donde se representa la configuración inicial que se realiza en la placa arduino.



Figura 37: Flujograma de comunicación inicial

Como punto a parte se tienen que incluir las librerías <SPI.h> y <Ethernet.h>; la primera es para la comunicación de la tarjeta shield Ethernet al Arduino y la segunda es para que se pueda conectar a la red Ethernet el sistema con el cable RJ45, cabe notar

que la shield tiene su propia dirección MAC y esta debe ser incluida también en la programación (ver figura 38).

```
#include <SPI.h>|
#include <Ethernet.h>
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED};
EthernetClient client;
```

Figura 38: Librerías para la comunicación a la red

5.15 Comunicación del microcontrolador a la página

Para establecer una comunicación entre los dos elementos basta con ingresar el número del canal de la página y una APIKey que es generada directamente al momento de crear un canal, estos datos se muestran paso a paso como obtenerlos desde la configuración de la página IOT, esta serie de dígitos son exclusivos de cada proyecto como se ve en la figura 39 y son los mismos que están en la figura 47.

```
unsigned long myChannelNumber = 501617;
const char * myWriteAPIKey = "BSQBFDI64EDYR0KK";
```

Figura 39: Comunicación entre Arduino y pagina IoT

5.16 Lectura de señales

5.16.1 Lectura de Termistor Ds1820

Para la lectura de los sensores de temperatura solo se necesita tomar de forma directa la señal como se indica en la figura 40, se debe recordar que ambos sensores comparten una misma señal de salida como se mostraba en la figura 29.

```

void termistor() {
  sensorDS18B20.requestTemperatures();
  temp1=sensorDS18B20.getTempCByIndex(0);
  temp2=sensorDS18B20.getTempCByIndex(1);
}

```

Figura 40: Lectura de señal Termistor

5.16.2 Mapeo de sensor SP110

Para la lectura de sensor se necesita calcular los valores de inicio y fin según el número de bits de la placa controladora en el cual 5V es 2^{10} y de 2^0 para 0V, en la figura 41 se tiene en la línea de programación `rad=map(rad, 0, 700, 0, 2000)`, donde los dos últimos valores de 0 y 2000 representan el valor máximo y mínimo que puede brindar el sensor, mientras que los valores de 0 y 700 se justifican de la siguiente manera:

<p>Para 0 w/m²</p> $\begin{array}{l} 5v \text{ --- } -2^{10} \text{ bits} \\ 0v \text{ --- } -x \\ x = 0 \end{array}$	<p>Para 2000 w/m²</p> $\begin{array}{l} 5v \text{ --- } -2^{10} \text{ bits} \\ 3.42v \text{ --- } -x \\ x = 700 \end{array}$
--	--

```

void radiacion() {
  rad = analogRead(2);
  rad = map(rad, 0, 700, 0, 2000);
}

```

Figura 41: Mapeo de señal de radiación

5.16.3 Mapeo de sensor VFS, temperatura

Para determinar el mapeo de esta señal de temperatura se debe tener los valores iniciales y finales de escalamiento de voltaje-señal, para verificar estos valores se debe dirigir a la figura 26, mientras que en la figura 42 indica cómo queda la programación.

Para 0 °C

$$\begin{array}{l} 5v \text{ ----- } -2^{10} \text{ bits} \\ 0.5 v \text{ ----- } -x \\ x = 102 \end{array}$$

Para 100 °C

$$\begin{array}{l} 5v \text{ ----- } -2^{10} \text{ bits} \\ 3.5 v \text{ ----- } -x \\ x = 716 \end{array}$$

```
void GrundT() {
  GT = analogRead(0);
  GT = map(GT, 102, 716, 0, 1000);
  GT=GT/10;
}
```

Figura 42: Mapeo de señal VFS-Temperatura

5.16.4 Mapeo de sensor VFS, caudal

Al igual que en el punto anterior para saber los valores de escalamiento es necesario regresar a la figura 26 donde se encuentran los datos del rango de medida, y en la figura 43 se muestra la programación.

Para 0 °C

$$\begin{array}{l} 5v \text{ ----- } -2^{10} \text{ bits} \\ 0.25 v \text{ ----- } -x \\ x = 51 \end{array}$$

Para 100 °C

$$\begin{array}{l} 5v \text{ ----- } -2^{10} \text{ bits} \\ 3.5 v \text{ ----- } -x \\ x = 716 \end{array}$$

```
void GrundF() {
  GF= analogRead(1);
  GF = map(GF, 51, 716, 0, 120);
  GF=GF/10;
}
```

Figura 43: Mapeo de señal VFS-Caudal

El código de programación completo se encuentra en el Anexo 8.

5.17 Configuración de página IOT

Ya montados los equipos en la parte del Hardware se pasa a configurar la plataforma del software en el link <https://thingspeak.com/>, donde lo primero que se debe hacer es crear una cuenta y seguir los pasos según como indique las opciones del canal, en la figura 44 se tiene el interfaz principal de la página.



Figura 44: Página principal ThingSpeak

Para comenzar a crear la configuración del canal lo que se debe hacer primero es dirigirse a la opción Sing Up como se ve en la figura 45, luego de esto se debe ir siguiendo los pasos dispuestos en el Anexo 9

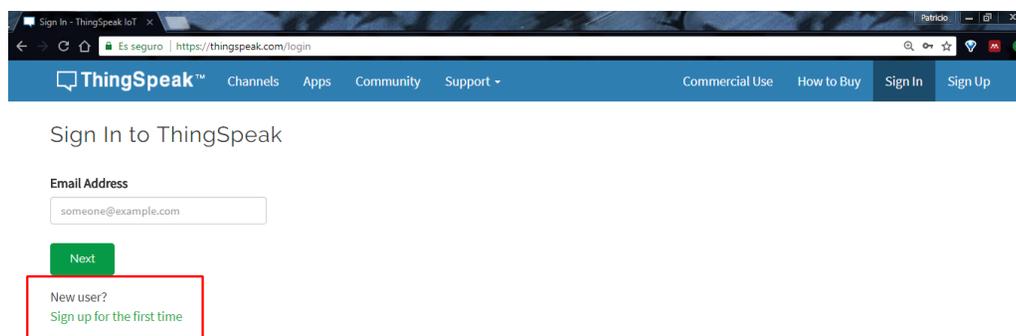


Figura 45: Creación de cuenta

En la imagen 46 se muestra como se configura los campos de las variables a medir, en este paso se comunica la placa controladora con la página para la toma y almacenamiento de datos.

New Channel

Name: Balance Energético

Description: Monitoreo de Variables

Field 1: Temperatura de Salida

Field 2: Radiación

Field 3: Temperatura de Entra

Field 4: Caudal

Field 5: Temperatura Ambient

Field 6: Eficiencia

Field 7:

Help

Channels store all the data that a ThingSpeak application collects. Each channel includes eight fields that can hold any type of data, plus three fields for location data and one for status data. Once you collect data in a channel, you can use ThingSpeak apps to analyze and visualize it.

Channel Settings

- Channel Name:** Enter a unique name for the ThingSpeak channel.
- Description:** Enter a description of the ThingSpeak channel.
- Field#:** Check the box to enable the field, and enter a field name. Each ThingSpeak channel can have up to 8 fields.
- Metadata:** Enter information about channel data, including JSON, XML, or CSV data.
- Tags:** Enter keywords that identify the channel. Separate tags with commas.
- Latitude:** Specify the position of the sensor or thing that collects data in decimal degrees. For example, the latitude of the city of London is 51.5072.
- Longitude:** Specify the position of the sensor or thing that collects data in decimal degrees. For example, the longitude of the city of London is -0.1275.
- Elevation:** Specify the position of the sensor or thing that collects data in meters. For example, the elevation of the city of London is 35.052.

Figura 46: Membrete de las variables a medir

Otro de los pasos importantes se encuentra en la figura 47 donde se muestra el API key de comunicación, sin este key no existe manera de que haya comunicación.

Write API Key

Key: BSQBFDI64EDYR0KK

[Generate New Write API Key](#)

Read API Keys

Key: UGQIYKIP3Z79C0CN

Note:

[Save Note](#) [Delete API Key](#)

Help

API keys enable you to write data to a channel or read data from a private channel. API keys are auto-generated when you create a new channel.

API Keys Settings

- Write API Key:** Use this key to write data to a channel. If you feel your key has been compromised, click [Generate New Write API Key](#).
- Read API Keys:** Use this key to allow other people to view your private channel feeds and charts. Click [Generate New Read API Key](#) to generate an additional read key for the channel.
- Note:** Use this field to enter information about channel read keys. For example, add notes to keep track of users with access to your channel.

API Requests

Update a Channel Feed

```
GET https://api.thingspeak.com/update?api_key=BSQBFDI64EDYR0KK&field1
```

[Get a Channel Feed](#)

Figura 47: API key

Con esto que ya se tiene creado el canal donde las medidas registradas por los sensores serán mostradas al usuario, y este pueda acceder desde cual lugar donde haya conexión a red.

5.18 Prueba de interfaz de comunicación

En este punto se puede realizar las primeras pruebas del sistema en caso de no haber ningún error, las gráficas ya están predispuestas según como se hayan ingresado las variables (ver figura 48), lo que se puede ir cambiando en el sistema son los números de datos a visualizar en tiempo real, conforme aparecen estos se van almacenando en la base de datos de la nube.

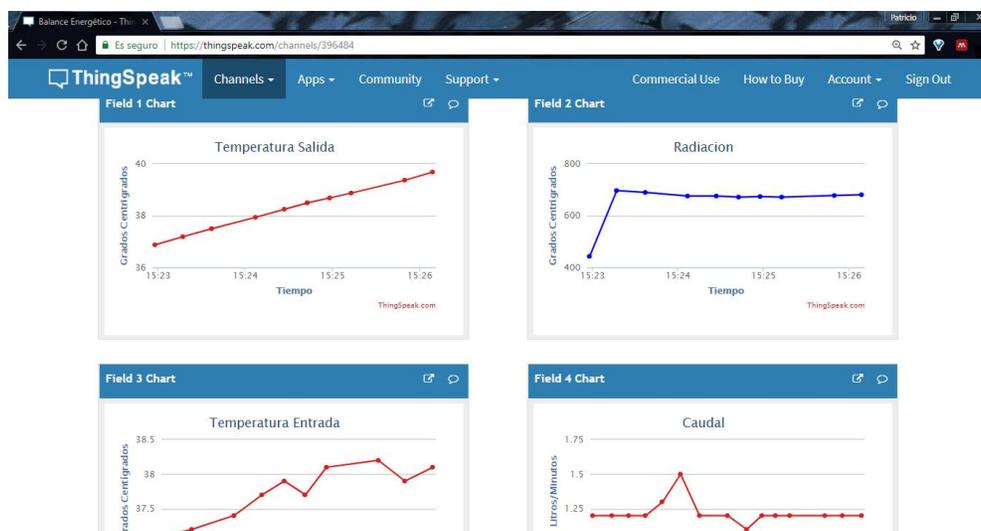


Figura 48: Graficas de monitoreo

Otra forma de realizar el monitoreo es por medio de dispositivos Android a través de aplicaciones como Pocket IoT (ver figura 49) o ThingChart (ver figura 50), ambas aplicaciones ayudaran al usuario visualizar los valores en tiempo real de manera remota, la diferencia entre aplicaciones es que con Pocket el usuario podrá ver los datos conforme

se van actualizando, mientras que en ThingChart lo que permite es visualizar una gráfica mayor definida en función de cómo el usuario requiera, es decir permite ingresar cuantos datos desde el último ingreso se requiera tomar. En ambas plataformas se pueden acceder con el número de canal, aunque con ThingChart también permite el ingreso con el ID del usuario.



Figura 49: Pocket IoT de Arduino

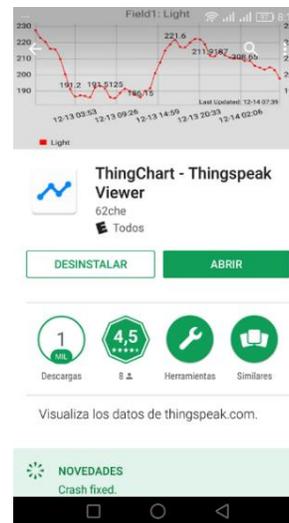


Figura 50: ThingChart de Arduino

En la figura 51 se muestra al sistema funcionando en el programa Pocket OIT el que se recomienda para revisar los valores en línea, para poder comunicarlo se necesita del número de canal o del usuario, mismos que son **501617** y **acsmonitoreo** respectivamente, en la figura 52 se muestra la otra aplicación ThingChart la que se recomienda para poder visualizar de mejor manera las curvas del sistema, para acceder se necesita el número de canal.



Figura 51: Lecturas en App Pocket IOT



Figura 52: Lecturas en App ThingChart

5.19 Descarga de datos

Uno de los beneficios que ofrece la plataforma como ya se explicó en el marco teórico es que los datos son almacenados en la plataforma y pueden ser descargados por el usuario cuando se desee, como recomendación el formato CSV puede ser abierto por Excel, esto lo indica en la figura 53, y para poder acceder a la base de datos es necesario ingresar con el usuario y con la contraseña que se encuentra en la guía del usuario.

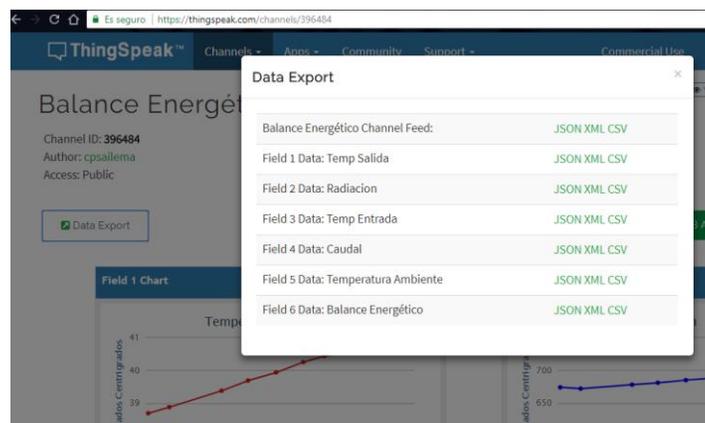


Figura 53: Descarga de datos

5.20 Análisis de balance energético

5.20.1 Análisis de día despejado

De acuerdo al archivo descargado se toma en cuenta la ecuación 2 planteada en el capítulo II y se procede a calcular en función de la temperatura promedio de entrada como la temperatura promedio de salida, así partiendo de la tabla 16 donde están los datos tomados del programa y la tabla 17 donde se tiene los valores resumidos del día:

Tabla 16

Tabla de monitoreo de datos

created_at		Temp Salida	Irradiancia	Temp Entrada	Caudal	Temp Ambiente	Eficiencia	(Tm-Ta)/l
13/06/2018	9:00:05	28.6875	553	20.3	1.7	19.5	68.3008318	0.009
13/06/2018	9:10:04	27	564	20	1	17.75	67.0632646	0.010
13/06/2018	9:20:07	27.9375	585	20.8	1	18.75	67.2998141	0.010
13/06/2018	9:30:01	28.6875	614	21	1.1	18.25	66.8222822	0.011
13/06/2018	9:40:09	28.9375	649	21.3	1.1	17.75	66.3338078	0.011
13/06/2018	9:50:17	29.875	678	21.8	1	18.5	66.6294027	0.011
13/06/2018	10:00:07	30.9375	710	23.4	1.1	19.5	66.3197113	0.011
13/06/2018	10:10:03	32.0625	756	24.4	1.2	18.5	65.1685119	0.013
13/06/2018	10:20:04	34.3125	772	26.2	1.2	20.25	65.2155457	0.013
13/06/2018	10:30:00	35.1875	761	27.5	1.1	19.75	63.9719202	0.015
13/06/2018	10:40:13	36.4375	802	27.8	1.2	20.25	64.3549143	0.015
13/06/2018	10:50:00	36.8125	813	29.1	1.2	20.25	63.6075415	0.016
13/06/2018	11:00:14	37.625	832	28.9	1.4	20.75	64.1577539	0.015
13/06/2018	11:10:05	38.0625	246	29.4	1.2	20	50.0395122	0.056
13/06/2018	11:20:17	35.8125	944	30.9	1.2	20.75	63.6527026	0.013
13/06/2018	11:30:11	40.5625	900	31.2	1.1	21.5	63.6472167	0.016
13/06/2018	11:40:10	41.875	994	32.2	1.2	22.75	64.2818926	0.014
13/06/2018	11:50:03	42.75	992	33	1.2	22.75	63.8597593	0.015
13/06/2018	12:00:14	43.1875	932	33.8	1.2	23.5	63.5013251	0.016
13/06/2018	12:10:32	43.125	850	34.8	1.2	23.25	62.2136956	0.018
13/06/2018	12:20:14	42.8125	843	35.3	1.2	24.25	62.4633941	0.018
13/06/2018	12:30:05	43.5625	848	35.8	1.2	24	62.0452358	0.018
13/06/2018	12:40:01	44.25	848	37.2	1.2	24	61.1874057	0.020
13/06/2018	12:50:11	44.625	868	37.6	1.2	23.75	60.9760153	0.020

CONTINÚA 

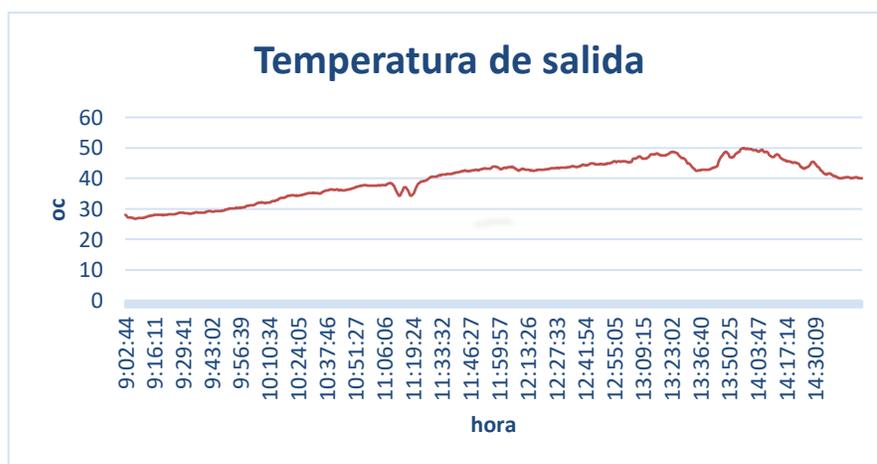
13/06/2018	13:00:09	45.6875	861	38.5	1.4	24.25	60.6672256	0.021
13/06/2018	13:10:05	46.5625	1001	39.2	1.1	24.5	61.5963986	0.018
13/06/2018	13:20:04	47.5	898	40.3	1.2	25	60.3950278	0.021
13/06/2018	13:30:11	45.5625	578	41	1.2	22.5	52.6812716	0.036
13/06/2018	13:40:01	42.75	681	42.1	1.3	22.25	54.0797081	0.030
13/06/2018	13:50:07	48.0625	713	42.9	1.2	24	55.4691374	0.030
13/06/2018	14:00:06	49.5625	882	42.8	1.1	24	58.1228571	0.025
13/06/2018	14:10:15	47.1875	900	43.3	1.2	23.25	57.5898792	0.024

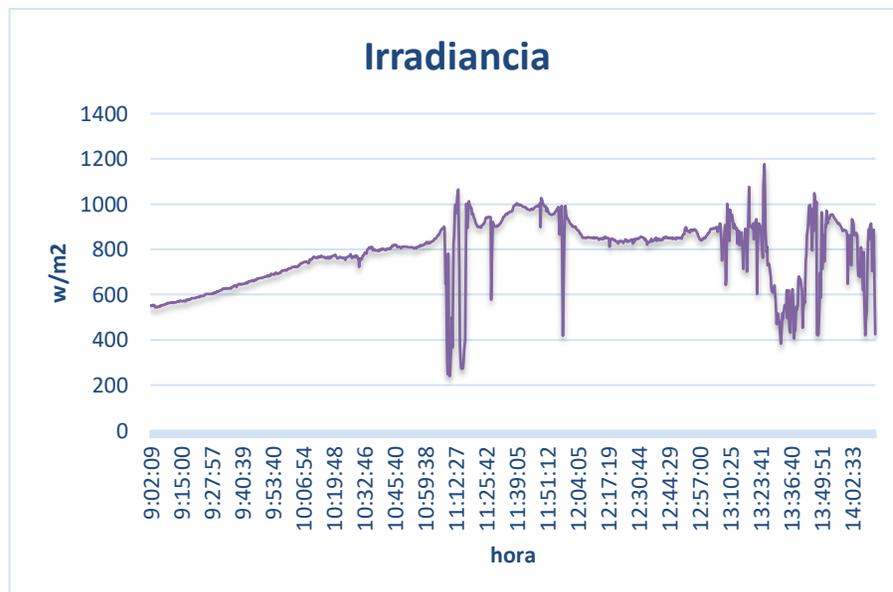
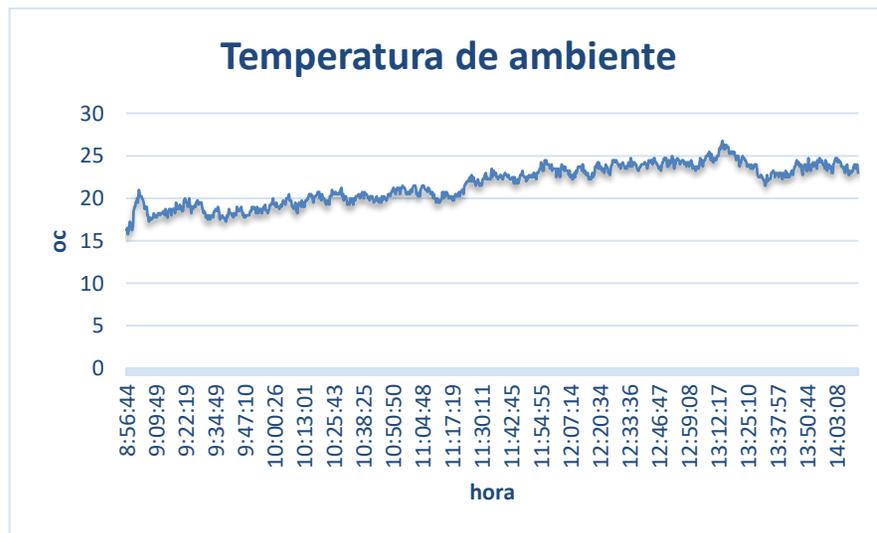
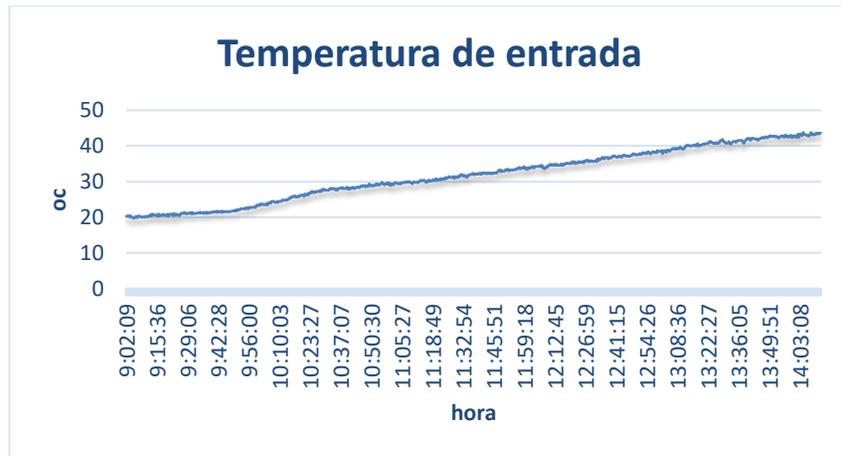
Tabla 17

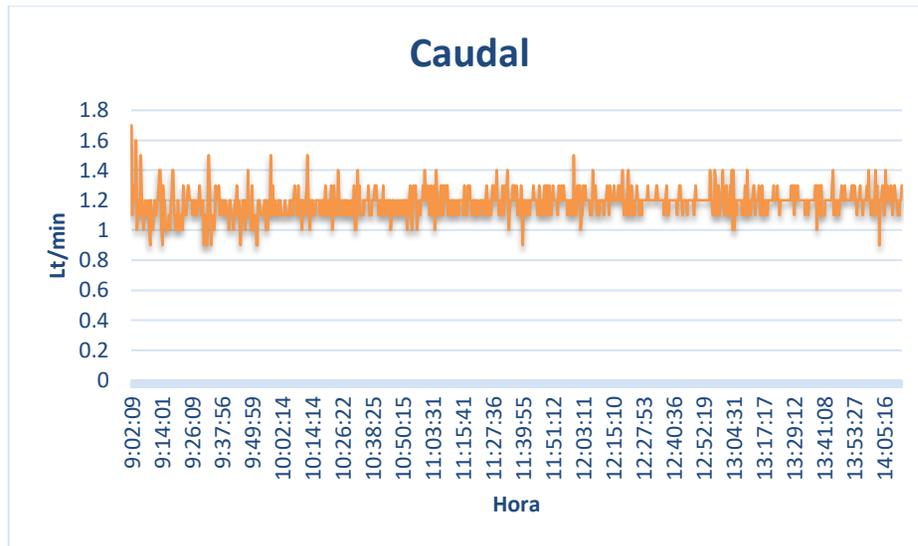
Resumen de toma de datos

Datos	Temp Salida (°C)	Irradiancia (W/m ²)	Temp Entrada (°C)	Caudal	Temp Ambiente (°C)	Eficiencia (%)
PROMEDIO	38.87	785.23	31.44	1.18	21.68	56.4

A continuación se muestran las gráficas realizadas a partir de los datos almacenados en el sistema.







Una vez obtenida las gráficas de las variables monitoreadas también se realiza la curva de eficiencia en función del avance de tiempo.



Para obtener la curva de eficiencia en función de $(T_e - T_{amb})/I$ se lo realiza de la siguiente manera, primero se toma la eficiencia calculada para el eje Y y para el eje X con los datos obtenidos del sistema se lo realiza en la hoja de cálculo para obtener el valor $(T_e - T_{amb})/I$, esto se plantea con los datos obtenidos en tiempo real y así tener las

dos graficas comparativas para ver la fiabilidad del sistema, por lo que a continuación se muestran dichas gráficas.

Curva de Eficiencia de hoja de datos del colector

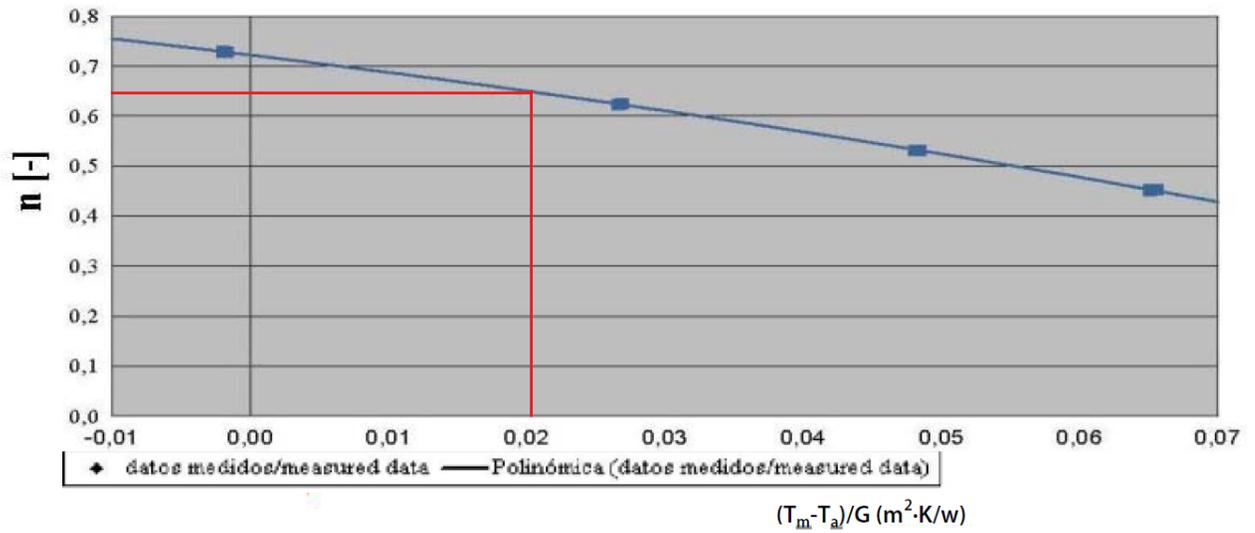
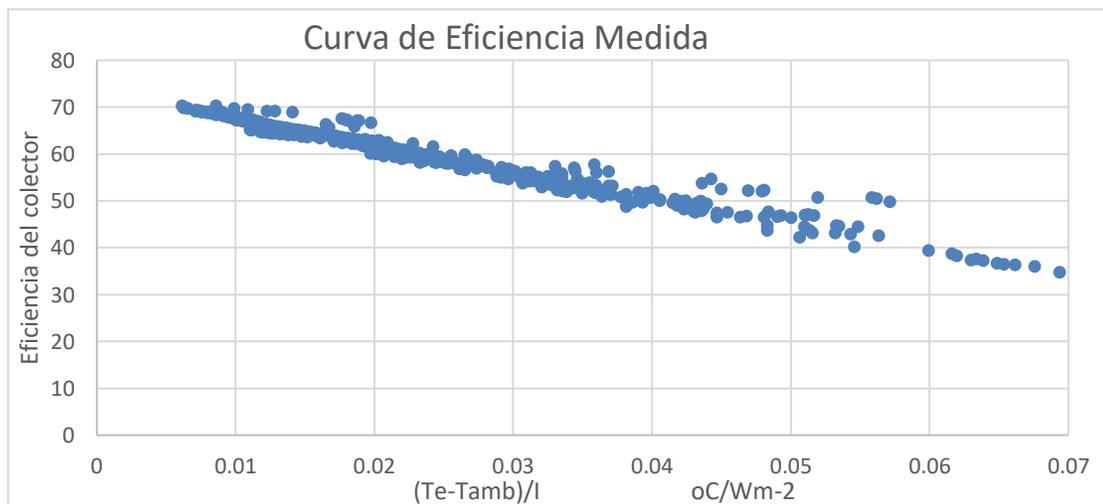


Figura 54: Curva de Eficiencia $(T_m - T_a)/I$

Curva de Eficiencia Medida



Análisis comparativo

De acuerdo a la eficiencia del fabricante para un valor 0.02 de $T_m - T_a / I$ se tiene una eficiencia aproximada del 63%, y para el mismo valor anterior el punto aproximado esta entre el 59% y 65% lo cual indica que la adquisición de datos y la eficiencia adquirida están dentro de los rangos dados por el fabricante con un margen de error del 2% al 3%, de la misma manera sucede con los otros puntos donde las variaciones son pequeñas respecto a la curva de dispersión calculada.

Energía Acumulada en 5h

$$V = \text{caudal} * t$$

$$V = 1.18 \frac{\text{lt}}{\text{min}} * (5 \text{ horas} \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}})$$

$$V = 354 \text{ lt} = \dot{m}$$

$$Qu = \dot{m} C_p (T_s - T_e)$$

$$Qu = 354 \text{ lt} \left(4.18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \right) (38.87^\circ\text{C} - 31.44^\circ\text{C})$$

$$Qu = 354 \text{ kg} \left(4.18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \right) (38.87^\circ\text{C} - 31.44^\circ\text{C})$$

$$Qu = 10994.31 \text{ kJ} * \frac{1 \text{ kWh}}{3600 \text{ kJ}}$$

$$Qu = 3.05 \text{ kWh} \text{ o } 3053.97 \text{ Wh}$$

La energía calculada es de 3053.97 Wh en un tiempo de 5 horas, dentro de este rango el análisis fue realizado partiendo de unas condiciones iniciales de temperatura en agua en el tanque igual a la temperatura en la red, en la mañana con un cielo despejado.

Comprobación de Eficiencia con una irradiancia de 1001W/m²

$$n = n_0 - k_1 \frac{(T_e - T_{amb})}{I} - k_2 \frac{(T_e - T_{amb})^2}{I}$$

$$n = 0.696 - 4.821 \frac{(39.20^\circ\text{C} - 24.5^\circ\text{C})}{1001} - 0.015 \frac{(39.20^\circ\text{C} - 24.5) ^2}{1001}$$

$$n = 0.696 - 0.0708 - 3.238 * 10^{-3}$$

$$n = 0.6219 * 100\%$$

$$n = \mathbf{62.19 \%}$$

El cálculo anterior representa la eficiencia instantánea tomada en un punto aleatorio donde la irradiancia es 1001Wm⁻² este dato es obtenido de la tabla 16 a la hora de 13h10; con el cálculo se obtiene un rendimiento de 62.19% el cual indica que se encuentra dentro de los rangos correctos de funcionamiento respecto a los datos brindados por el fabricante.

PRUEBA DE HIPÓTESIS

Por medio del diseño y la implementación del sistema web server el colector solar plano ahora cuenta con un sistema de monitoreo de manera remota para que cualquier usuario con conexión a internet tenga acceso al sistema solo con una ID o número de canal cuando este se encuentre en funcionamiento, las variables registradas y almacenadas en la red son las de temperatura (entrada y salida del colector y ambiente), caudal e irradiancia. Con los valores nombrados anteriormente se calcula la eficiencia instantánea de funcionamiento donde se obtuvo un valor promedio del 62% en una irradiancia de 1000 Wm^{-2} el cual es considerado como el valor máximo de radiación en un plano horizontal del sol respecto a la superficie de la tierra. Los datos de las variables medidas y calculadas son almacenadas en la red en la página ThingSpeak y servirán para determinar el balance energético del colector obteniendo luego de distintas pruebas que el tiempo de medida promedio es de 3000 Wh en 5 horas de monitoreo, luego de este tiempo el sistema se torna ineficiente debido a la caída de irradiancia y el valor máximo de temperatura que se alcanza en el colector, con esta determinación de la energía producida y el monitoreo en tiempo real la hipótesis planteada queda demostrada.

CONCLUSIONES

Para el monitoreo de datos del colector solar plano se seleccionó e implementó 4 sensores: el sensor de caudal-temperatura VFS 1-12 grundfos de resol se ubicó en la entrada del colector, el sensor Ds1820 Dallas se utilizó para medir la temperatura de salida del colector y la temperatura ambiente, mientras que para medir la irradiancia el sensor seleccionado fue el SP110 de la marca Apogee.

Para el sistema web server se implementó el microcontrolador Arduino que conjuntamente con el uso de su software trabaja con la plataforma Thingspeak estableciendo el servicio para el envío de datos a la red y así poder monitorear la operación del colector solar plano en tiempo real, este proceso es realizado con el fin de simplificar la determinación de parámetros de eficiencia y balance energético en el mismo.

Los datos son receptados en la plataforma, los cuales son de acceso público solo con el número de nombre del usuario o número de canal, si se desea acceder a su registro histórico se necesitará la contraseña y correo electrónico con el cual se encuentra comunicado el sistema, los datos pueden ser monitoreados desde la página ThingSpeak en un computador o desde las Aplicaciones Pocket IOT y ThingChart disponibles en Play Store para Arduino.

A partir de los datos obtenidos se realizó el balance energético para determinar el rendimiento del colector solar plano. En las primeras 5 horas se obtiene la mayor eficiencia mientras que pasado este tiempo el sistema se vuelve ineficiente con

rendimientos bajos. Esto se debe a que el rendimiento disminuye a medida que aumenta la diferencia de temperatura entre el fluido y el ambiente, y al aumento proporcional de las pérdidas.

De acuerdo a las mediciones efectuadas el error alcanzado en la curva Eficiencia vs $(T_m - T_a)/I$ fue del 2% al 3% más o menos respecto a la curva brindada por el fabricante con lo cual indica que el sistema implementado es fiable.

RECOMENDACIONES

Para eliminar la recirculación forzada que fue implementada en el colector solar plano se recomienda la implementación de más paneles en paralelo con el fin de aumentar el caudal para que pueda ser detectado por el mismo sensor.

La fuente de alimentación debe estar normada en los 5 voltios fijos para la alimentación de todos los sensores y que el sistema brinde mayor confianza en sus lecturas.

Para determinar un balance energético óptimo el monitoreo se debe hacer en un día que no presente mayor nubosidad, esto para obtener un rango de eficiencia instantánea mayor así como también su energía producida.

El sistema hidráulico del colector solar plano debe encontrarse libre para su recirculación para evitar la temperatura de estancamiento que corresponde a la máxima temperatura que el fluido puede alcanzar, esto sucede cuando no existe

circulación en el captador y por ende la temperatura alcanza rangos sumamente elevados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullah, A., Abou-Ziyan, H., & Ghoneim, A. (2003). Thermal performance of flat plate solar collector using. *Energy Conversion and Management*, 2-4.
- Alarcón, M. T., & Dominguez, I. (29 de Junio de 2016). ANÁLISIS PARAMÉTRICO DE COLECTORES SOLARES PLANOS OPERANDO EN SERIE. Recuperado el 12 de Febrero de 2018, de researchgate.net:
https://www.researchgate.net/profile/Ignacio_Martin-Dominguez/publication/304582078_ANALISIS_PARAMETRICO_DE_COLECTORES_SOLARES_PLANOS_OPERANDO_EN_SERIE/links/57745b1808ae1b18a7de439d/ANALISIS-PARAMETRICO-DE-COLECTORES-SOLARES-PLANOS-OPERANDO-EN-SERIE.pdf
- Alvarez, C. A. (2012). <http://www.isa.cie.uva.e>. Recuperado el 18 de Febrero de 2018, de <http://www.academia.edu/3631057/SENSORES>
- Arias, F. G. (2012). El proyecto de la investigación. Caracas-República Bolivariana de Venezuela: Editorial Episteme. Recuperado el 17 de Marzo de 2018, de <https://evidencia.com/wp-content/uploads/2014/12/EL-PROYECTO-DE-INVESTIGACION-6ta-Ed.-FIDIAS-G.-ARIAS.pdf>
- Cabrera, J. M. (2011). wordpress. Recuperado el 12 de Abril de 2017, de <https://juanmacabrera.files.wordpress.com/2011/08/captador-solar-plano.pdf>
- Cisco. (2013). IP Addressing Guide. Recuperado el 12 de Diciembre de 2017, de https://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/enterprise/design-zone-smart-business-architecture/sba_ipAddr_dg.pdf
- Creus, A. (2009). Energías Renovables. Barcelona: S.L. EDICIONES CEYSA. CANO PINA. Recuperado el 16 de Noviembre de 2017
- chromagen. (2017). connexio220.com. Recuperado el 19 de Noviembre de 2017, de <http://www.connexio220.com/manuales/equipos-acs/chromagen/manual-instalacion-y-uso-eq-2.pdf>
- Digi. (2010). RabbitCore RCM3900 User's Manual. Recuperado el 17 de Enero de 2018, de http://ftp1.digi.com/support/documentation/019-0164_f.pdf
- Duffie, J., & Beckman, W. (2013). Solar Engineering of Thermal Processes. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017

- Ezweblynx. (2014). EZ WEB LYNX. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de <https://www.ezweblynx.com/>
- Faqs. (2017). masadelante.com. Recuperado el 16 de Enero de 2018, de <http://www.masadelante.com/faqs/servidor-web>
- Férroli. (2008). Férroli. Recuperado el 12 de Marzo de 2018, de <https://www.construible.es/2008/05/25/edificio-ferroli>
- Flores, L., & Villacrés, D. (2015). dspace.unach.edu.ec. Recuperado el 5 de Diciembre de 2017, de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/14/1/UNACH-EC-IET-2015-0003.pdf.pdf>
- Iolmos. (2015). Introducción a la administración de un red bajo IP. Recuperado el 12 de Enero de 2018, de www.cs.buap.mx/~iolmos/redes/Administracion_RedetCPIP.pdf
- Kickstarter. (2014). Spark Core: Wi-Fi for Everything. Recuperado el 10 de Enero de 2018, de <https://www.kickstarter.com/projects/sparkdevices/spark-core-wi-fi-for-everything-arduino-compatible>
- Kismalac. (28 de Noviembre de 2011). Recuperado el 14 de Marzo de 2018, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura#/media/File:CelsiusKelvin.svg>
- Leone, J. a. (2016). Recuperado el 10 de Diciembre de 2017, de e-education.psu.edu: <https://www.e-education.psu.edu/eme811/node/686>
- Libelium. (2017). Recuperado el 15 de Enero de 2018, de <http://www.libelium.com/products/waspmote/>
- Libelium. (Febrero de 2018). Recuperado el 20 de Abril de 2018, de <http://www.libelium.com/products/waspmote/>
- Loureiro Garrido, R. (12 de Junio de 2015). Estudio de plataformas IOT. Recuperado el 12 de Enero de 2018, de <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/42812/6/rloureiroTFC0615memoria.pdf>
- MARA, U. T. (2015). Real-Time Remote Monitoring with Data Acquisition System. ICEDSA. Recuperado el 20 de Abril de 2018
- Matzarakis, A., & Mayer, H. (2017). Importance of urban meteorological stations - the example of Freiburg, Germany. Recuperado el 20 de Marzo de 2018

- Mrelberni. (2015). microcontroladores-mrelberni.com. Recuperado el 15 de Enero de 2018, de <http://microcontroladores-mrelberni.com/arduino-introduccion/>
- Olvera, A. (2013). Universidad de Queretano. Recuperado el 12 de Enero de 2018, de <http://www.uteq.edu.mx/tesis/AU/0181.pdf>
- Palma, D., & Agudo, J. E. (21 de Abril de 2014). MDPI. Recuperado el 10 de Diciembre de 2017, de <http://www.mdpi.com/1424-8220/14/4/6998/pdf>
- Pallas Areny, R. (2003). SENSORES Y ACONDICIONADORES DE SEÑAL (4ª ED. Valencia: MARCOMBO. Recuperado el 15 de Marzo de 2018, de https://www.ele.uva.es/~lourdes/docencia/Master_IE/Sensores.pdf
- Prosoleco. (2017). www.prosoleco.com. Recuperado el 10 de Noviembre de 2017, de <https://www.prosoleco.com/paneles-solares-y-fotovoltaicos/>
- Raúl, J. (23 de 05 de 2015). naRural energy. Recuperado el 12 de Marzo de 2018, de Comportamiento térmico de colectores solares en Perú: <http://energia-rural.com/tag/paneles-solares/>
- Resol. (Febrero de 2014). Recuperado el 20 de Enero de 2018, de <http://daparak.com/wp-content/uploads/2014/02/Vortex-Flow-Sensors-data.pdf>
- Resol. (2014). <http://www.resol.de>. Recuperado el 12 de Enero de 2018, de http://www.resol.de/Produktdokumente/11201634_GrundfosDirectSensor_VFS.daten.pdf
- Ruiz, J. M. (2013). unicarlos.com. Recuperado el 14 de Diciembre de 2017, de http://unicarlos.com/_ARDUINO/Arduino%20+%20Ethernet%20Shield%20%281%29.pdf
- Souliss. (16 de Junio de 2016). souliss-es.blogspot.com. Recuperado el 15 de Enero de 2018, de <http://souliss-es.blogspot.com/2016/06/ejemplos-basicos-sensores-dallas-ds18b20.html>
- SP1, S. (Octubre de 2013). Embedded Ethernet Web Server Coprocessor Module. Recuperado el 15 de Febrero de 2018, de http://www.siteplayer.com/docs/001212/SitePlayer_SP1.pdf
- Sparkfun. (2013). learn.sparkfun.com. Recuperado el 18 de Enero de 2018, de <https://learn.sparkfun.com/tutorials/serial-peripheral-interface-spi>
- Stoughton, N. (4 de Junio de 2009). Update on Standards. Recuperado el 16 de Enero de 2018, de Stoughton, Nick (April 2005). "Update on Standards"

(<https://db.usenix.org/publications/login/2005-04/openpdfs/standards2004.pdf>):
<https://www.immagic.com/eLibrary/ARCHIVES/GENERAL/WIKIPEDI/W120623A.pdf>

Struckmann, F. (8 de May de 2013). lth.se. Recuperado el 19 de Marzo de 2018, de Lund University:
http://www.lth.se/fileadmin/ht/Kurser/MVK160/Project_08/Fabio.pdf

Systems, N. (2018). Recuperado el 10 de Febrero de 2018, de
<https://www.nrgsystems.com/products/met-sensors/pyranometers/detail/hukseflux-sr20-pyranometer>

Wikipedia. (25 de Mayo de 2018). Obtenido de
https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_de_flujo

ANEXOS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA WEB SERVER PARA EL MONITOREO Y BALANCE ENERGÉTICO EN UN COLECTOR SOLAR PLANO**” Ha sido realizado por el señor **SAILEMA MORETA, CARLOS PATRICIO**, el mismo que cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

En la ciudad de Latacunga a los 30 días del mes de julio del 2018.

Aprobado por:

Ing. Mario Jiménez León
DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Katya Torres
DIRECTORA DE CARRERA

Dr. Rodrigo Vaca
SECRETARIO ACADÉMICO