



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS



TESIS

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE MONITOREO DE LUZ SOLAR EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PUNO - SENAMHI 2019

PRESENTADA POR:

WALTER OSWALDO CUTIPA FLORES

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS

PUNO, PERÚ

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS

TESIS

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE MONITOREO DE LUZ SOLAR EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PUNO - SENAMHI 2019



PRESENTADA POR:

WALTER OSWALDO CUTIPA FLORES

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE

Dr. IVAN DELGADO HUAYTA

PRIMER MIEMBRO

Dr. EDELFRE FLORES VELÁSQUEZ

SEGUNDO MIEMBRO

M.Sc. ALDO HERNAN ZANABRIA GALVEZ

ASESOR DE TESIS

Dr. MARCO ANTONIO QUISPE BARRA

Puno, 16 de Agosto de 2022

ÁREA: Ciencias de la Ingeniería.

TEMA: Sistema de monitoreo

LÍNEA: Sistemas, computación e informática



DEDICATORIA

A Dios primeramente por que en tiempos tan complicado aun nos aguarda y nos da la fuerzas para continuar.

A mi madre, mujer luchadora con una fuerza de voluntad que supo formarme, guiar y mostrarme que todo se puede solo tenemos que poner de nuestra parte para hacerlo real.

A mis docentes y colegas que siempre están dispuestos a trabajar en equipo tratando de dejar un legado y contribuir con nuestra sociedad.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano Puno, por todo el aporte a mi formación académica y en especial al Programa de Maestría de Ingeniería de Sistemas.

Mi mayor Gratitud al Dr. Marco Antonio Quispe Barra, asesor quien sin su apoyo constante no hubiera sido posible la realización de la presente investigación.

Mi mayor Gratitud al Dr. Ivan Delgado Huayta, por su comprensión, consejos, tiempo, recomendación y sugerencias no sería posible la realización de la presente investigación.

Mi mayor Gratitud al Dr. Edelfre Flores Velásquez, quien sin sus consejos y estímulo constante no sería posible la realización de la presente investigación.

Mi mayor Gratitud al jurado calificado de tesis Msc. Aldo Hernán Zanabria Gálvez, por su comprensión, consejos, tiempo, recomendación y sugerencias para la corrección durante la realización del presente trabajo.

Al coordinador del programa de la Maestría en Ingeniería de Sistemas de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Altiplano, M.Sc. Marga Isabel Ingaluque Arapa, por su apoyo constante.



ÍNDICE GENERAL

	Pág
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico	2
1.1.1 Luz Solar	2
1.1.2 Heliógrafo	4
1.1.3 Fotorresistencias	6
1.1.4 BH 1750	6
1.1.5 Sistemas embebidos	7
1.1.6 Raspberry Pi	8
1.1.7 Sistema de monitoreo	10
1.1.8 La World Wide Web	10
1.1.9 Base de Datos	11
1.1.10 Firebase	11
1.1.11 Python	12
1.1.12 Senamhi	12
1.1.13 Energía Renovable	13
1.1.14 Internet de las Cosas IOT	15



1.2 Antecedentes	17
------------------	----

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema	21
2.2. Enunciados del problema	21
2.3. Justificación	21
2.4. Objetivos	22
2.4.1. Objetivo general	22
2.4.2. Objetivos específicos	22
2.5. Hipótesis	23
2.5.1. Hipótesis general	23
2.5.2. Hipótesis específicas	23

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio	24
3.2. Población	25
3.3. Muestra	25
3.4. Método de investigación	25
3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	26
3.5.1. Implementación un módulo de monitoreo	27
3.5.2. Monitoreo mediante web y en tiempo real	41
3.5.3. Contraste datos adquiridos de heliógrafo con módulo de monitoreo	41

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Módulo de Monitoreo en estación meteorológica Puno	50
4.2. Monitoreo en tiempo real	52
4.3. Contraste de datos adquiridos de heliógrafo con módulo de monitoreo	54
4.3.1. Contraste de datos	54



CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	60
BIBLIOGRAFÍA	61
ANEXOS	66



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Lux en diferentes ambientes	3
2. Características Raspberry	8
3. Comparación de estándar IEEE 802.11ac	9
4. Operacionalización de Variables	26
5. Materiales, equipo, insumos u otros	27
6. Irradiación (kWh/m ² /mes)	35
7. Demanda Energética	37
8. Características del panel solar seleccionado	37
9. Componentes internos	40
10. Componentes Materiales	40
11. Resumen de Horas Sol de Tarjetas graduadas	41
12. Resumen valores máximos y mínimos adquiridos	47
13. Detalle de cantidad de datos adquiridos por fechas	47
14. Detalle de cantidad de datos adquiridos por fechas	48
15. Resumen de Horas Sol Modulo	49
16. Resumen de Horas Sol	55
17. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales	57



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Heliógrafo.	5
2. Cartulinas graduadas para heliógrafo	5
3. Fotorresistencia y simbología.	6
4. BH1750	7
5. BH1750 interno	7
6. Raspberry Pi	9
7. Estructura Célula monocristalina	13
8. Estructura Célula Policristalina	14
9. Mapa de radiación solar	15
10. Comienzos de IOT	16
11. Los datos son importantes	16
12. Estación meteorológica Puno	24
13. Redes de Observación y Datos, SENAMHI	25
14. Soporte Metálico para Equipos	28
15. Soporte metálico con tablero Electronico	29
16. Modulo de monitorea vita desde la parte inferior	30
17. Modulo de monitoreo vista Isométrica.	30
18. Modulo de Monitoreo vista Lateral	31
19. Soporte metálico con tablero Electronico y panel solar	31
20. Soporte metálico con tablero	32
21. Estructura de Modulo Monitoreo	33
22. Ubicación de Modulo monitoreo con panel solar	33
23. Ubicación de Modulo monitoreo con panel solar	34
24. Promedio de Irradiación mensual desde el 2010 al 2015	35
25. Estimación mensuales de irradiación solar	36
26. Ubicación de Modulo monitoreo con panel solar	38
27. Alimentación Energía Solar	39
28. Tablero electrónico con los componentes respectivos.	40
29. Tipo de interacción con Firebase	41
30. Tarjeta Graduada del 17 de Julio del 2022.	42
31. Tarjeta Graduada del 18 de Julio del 2022.	43
32. Tarjeta Graduada del 19 de Julio del 2022.	44



33. Tarjeta Graduada del 20 de Julio del 2022.	45
34. Tarjeta Graduada del 21 de Julio del 2022.	46
35. Soporte metálico con tablero Electronico	50
36. Modulo de monitoreo contigua a Heliógrafo	51
37. Modulo de monitoreo contigua a Heliógrafo vista Frontal	51
38. Datos del 17 de Julio del 2022	52
39. Datos del 18 de Julio del 2022	52
40. Datos del 19 de Julio del 2022	53
41. Datos del 20 de Julio del 2022	53
42. Datos del 21 de Julio del 2022	53
43. Datos Históricos	54
44. Datos en Firebase	54
45. Nivel de significancia	55



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Batería de Plomo Acido	66
2. Hoja Técnica BH1750	67
3. Hoja Técnica Raspberry PI 3B+	68
4. Carta Solar Perú	69
5. Código en Python para adquirir y enviar datos a Firebase	70

RESUMEN

La investigación plantea una posible alternativa al uso de un heliógrafo, mediante un módulo de monitoreo para adquirir los datos automáticamente, se planteó como objetivo general diseñar e implementar un módulo de monitoreo de luz solar en la estación meteorológica Puno del SENAMHI y como objetivos específicos el implementar un módulo en base a sensores para identificar la luz solar en la estación meteorológica Puno; Monitorear la luz solar en tiempo real en la estación meteorológica Puno mediante la Web y contrastar datos adquiridos de heliógrafo con un módulo de monitoreo para dar paso a las pruebas respectivas se adquirieron datos durante cinco días de monitoreo para hacer el contraste con las tiras graduadas en los respectivos días, es una investigación cuantitativo del tipo no experimental, que está basada en su aplicabilidad. Como resultados mediante la implementación de un módulo de monitoreo en base a un sensor BH1750 y Raspberry PI con un sistema de energía fotovoltaica y usando las herramientas de Firebase se logró hacer la recolección de datos y su visualización en tiempo real; en la contratación de datos en valor de horas se obtuvo que $|t| < |t \text{ valor Critico}|$ resultado $0.025371396 < 2.306004135$, nos indica que está dentro del área de aceptación concluyendo que no se rechaza la hipótesis de interés o nula y así los datos adquiridos de heliógrafo con módulo de monitoreo propuesto después de contrastar ambos son similares, para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confianza del 95%.

Palabras clave: Climáticos, luz solar, meteorología, monitoreo en tiempo real, Senamhi



ABSTRACT

This research proposes a viable alternative to the use of a heliograph, using a monitoring module to acquire data automatically. The overall aim was to design and implement a module to monitor sunlight at the SENAMHI Puno weather station, and the specific objectives were to implement a sensor-based module to identify sunlight at the Puno weather station; Monitor sunlight in real time at the weather station Puno using the Web and contrast data acquired from heliograph with a monitoring module to give way to the respective tests were acquired data for five days of monitoring to make the contrast with the graduated strips in the respective days, is a quantitative research of non-experimental type, which is based on its applicability. As results through the implementation of a monitoring module based on a BH1750 sensor and Raspberry PI with a photovoltaic energy system and using the tools provided by Firebase, it was possible to collect data and visualize it in real time; in the recruitment of data in value of hours it was obtained that $|t| < |t_{\text{Critical value}}|$ result $0.025371396 < 2.306004135$, it indicates that it is within the acceptance area concluding that the hypothesis of interest or null hypothesis is not rejected and it can be indicated that the data acquired from heliograph with proposed monitoring module after contrasting both are similar, for a significance level of 0.05 and confidence level of 95%.

Keywords: Climatic, meteorology, real-time monitoring, senamhi, sunlight.

INTRODUCCIÓN

Actualmente en la estación meteorología Puno del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI, para tener datos de las horas de luz solar utilizan un Heliógrafo, el proceso de recolección de datos de luz solar, es realizada diariamente por un operador responsable de la estación que mediante una tarjeta graduada obtiene los datos, este instrumento concentra los rayos solares mediante una esfera de cristal trazando quemaduras durante el transcurso del día en diferentes posiciones, así se tiene la tarjeta marcada con este desgaste por acción del sol (Senamhi, 2019). Actualmente no se puede acceder a los datos en tiempo real ni se cuenta un equipo el cual recolecte los datos de manera automática por ello se pretende realizar un sistema de monitoreo basado en componente electrónicos los cuales puedan adquirir datos y brindar la posibilidad de monitorear en tiempo real mediante la WEB y contar con un histórico de datos almacenados para futuras investigaciones acerca de la luz solar durante el día. La presente investigación pertenece al Área de investigación: Ciencias de la Ingeniería; Línea de investigación: Sistemas, Computación e Informática; Tema de investigación: Sistema de monitoreo.

El trabajo de investigación está compuesto por capítulos el cual detallaremos.

En el Capítulo I, Revisión de literatura en la cual se detalla el marco teórico, así como los antecedentes encontrados, también las bases teóricas y/conceptuales. En el Capítulo II, Contiene la descripción de problema de investigación, basado en ello se plantea el problema, los objetivos y la justificación de la investigación. En el Capítulo III contiene el diseño de investigación el área de Investigación, así como el proceso se llevó a cabo para la implementación del módulo de monitoreo. En el Capítulo IV contiene los resultados obtenidos y las conclusiones que se llegó durante la implementación y prueba de la presente tesis y recomendación para futuras investigaciones.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico

1.1.1 Luz Solar

Podemos identificar dos tipos de Luz los cuales son la luz natural y la artificial, podemos mencionar algunas teorías que nos ayudara a comprender que es la luz solar, por ejemplo: La teoría corpuscular de la luz de Newton, en la Cual indica que la luz está formada por partículas materiales a las que se denomina corpúsculos, de manera que estas partículas son lanzadas en línea recta a gran velocidad por las fuentes de luz; La Teoría ondulatoria de Christian Huygens y Robert Hooke en la cual relaciona la luz como ondas parecidas a las del sonido que requerían un medio para transportarse; La teoría electromagnética de James Clerk Maxwell así las características de la luz se puede definir como la radiación electromagnética, fluctuaciones de campos eléctricos y magnéticos en la naturaleza (Núñez, 2014).

Luxes

Usualmente conocida como Lux, unidad de medida que hace referencia a lumen/m^2 , que nos permite calcular la iluminación y su intensidad en una determinada área (García, 2018), así podemos definirla también como la cantidad de luz que está presente en un metro cuadrado (LedTecnología, 2017). Podemos realizar una relación entre lux y lumen así tenemos:

$$\text{lux} = \frac{\text{Lumen}}{\text{m}^2}$$

En la Tabla 1 se realiza algunos valores en cuanto a nivel de iluminación que se midió en un plano horizontal de 70cm del suelo para cada situación.

Tabla 1
Lux en diferentes ambientes

Iluminancia	Ejemplo
0,000008 lux	Luz de la estrella Sirio (Vista desde la tierra)
0,0001 lux	Cielo nocturno nublado, luna nueva
0,001 lux	Cielo nocturno despejado, luna nueva
0,01 lux	Cielo nocturno despejado, cuarto creciente o menguante
0,25 lux	Luna llena en una noche despejada
1 lux	Luna llena a gran altitud en latitudes tropicales
3 lux	Límite oscuro del crepúsculo bajo un cielo despejado
100 lux	Pasillo en una zona de paso
300 lux	Sala de reuniones
500 lux	Una Oficina iluminada
600 lux	Salida o puesta de sol en un día despejado.
1000 lux	Iluminación habitual en un estudio de televisión
32.000 lux	Luz solar en un día medio
100.000 lux	Luz solar en un día medio

Fuente: Tomado de Enciclopedia libre, por Wikiwand (2018).

En el área de proyectos también podemos observar que la medida de lux es muy importante, así encontramos la norma técnica EM.010 del reglamento nacional de edificaciones dicha norma habla de las instalaciones eléctricas interiores. En dicho documento también; nos indica los requisitos mínimos de iluminación en Zonas Privadas; Zonas comunes (aplicable a zonas comunes de cualquier tipo de edificación); Guarderías; Salas Manualidades; aulas de profesore; aula de clases nocturnas; sala de lecturas; zona de pizarra; salas de consultas médicas; ascensores para personas y visitantes; Salas de exámenes generales; salas de examen ocular; sala de examen auditivo; salas de escáner; sala de operaciones; laboratorios y farmacias; salas de descontaminación ; entre otras áreas las cuales su iluminación es

crucial para el buen desenvolvimiento (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2019).

Lumen

Es el flujo luminoso que deriva de la candela también podemos denominarla como la medida de la potencia luminosa en un ángulo determinado (Ledbox, 2015).

1.1.2 Heliógrafo

Fue inventado en el Siglo XIX por Francis Campbell y George Stokes, con ello sus creadores sabían la hora exacta en la cual iba a salir el sol y las horas de sol en un día, dicha creación es una esfera de vidrio que concentra la luz en una tarjeta graduada o de registro, así por su forma circular el punto de luz va moviéndose a medida que el astro se mueve marcando su trayectoria por acción de quemadura en la cartulina, en base al rastro se calcula la horas de sol que ha tenido el día, también se puede identificar la intensidad y los momentos que las nubes cubrieron al sol, por la trayectoria del sol también se utiliza 3 tipos de tiras de cartón dos circulares y una en línea recta según sea la estación otoño, invierno, primavera o verano se utiliza una tira de cartón diferente, dichas tiras de cartón se coloca en la base de la esfera de cristal según sea el caso referencia Figura 2, las tiras de cartón tienen una escala en donde el centro es el mediodía (Müller, 2013).



Figura 1. Heliógrafo

Fuente: Tomado de Heliógrafos tipo Campbell-Stokes, por Müller (2013).

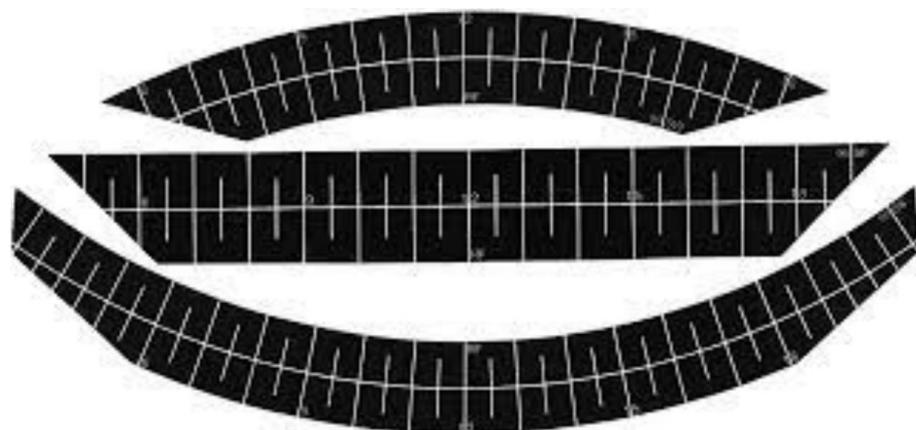


Figura 2. Cartulinas graduadas para heliógrafo

Fuente: Tomado de Heliógrafos tipo Campbell-Stokes, por Müller (2013).

1.1.3 Fotorresistencias

Las fotorresistencias más conocidas como LDR (Light Dependent Resistor) Resistencia dependiente de la Luz, en donde su principal característica es cuando se expone a mayor luz menor es la resistencia (Cebek, 2019), semiconductor que dependiendo del fabricante pueden estar compuesto por sulfuro y cadmio; sulfuro y talio; seleniuro y cadmio; sulfuro y plomo (Serna et al., 2010), estos componentes son utilizados en diferentes aparatos, una de las aplicaciones más comunes es en la domótica para distinguir cuando existe la ausencia de luz solar y poder encender automáticamente la iluminación artificial, en circunstancia parecidas las cámaras de seguridad entre otros aparatos electrónicos.

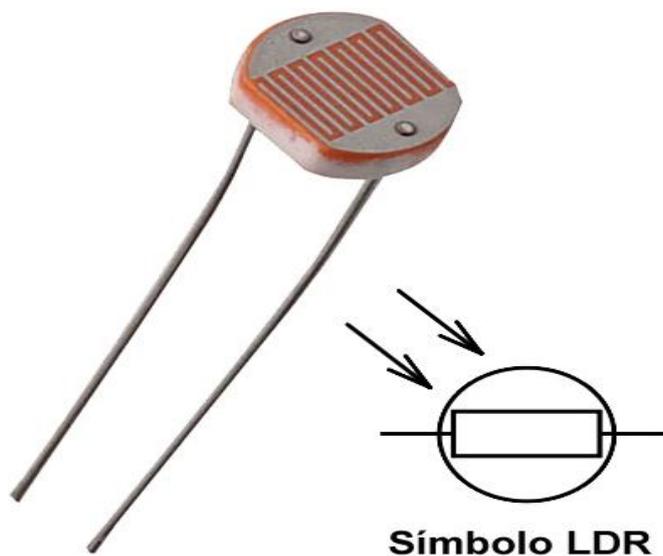


Figura 3. Fotorresistencia y simbología

Fuente: Tomado de El control en tus manos, por COMPIC (2021).

1.1.4 BH 1750

Sensor de Luz ambiental salida Serial, mide el flujo luminoso, salida digital basado en el protocolo de comunicación I2C, la lectura de intensidad luminosa está en unidades LUX, su desempeño es mucho mayor a la foto Resistencia o LDR, algunas especificaciones del sensor (Altronics, 2021).

- Voltaje de funcionamiento : 3V DC a 5V DC
- Protocolo de Comunicación : I2C
- Rango de Medición : 1 a 65535 Lux.
- Temperatura de operación : -40 a 85 °C

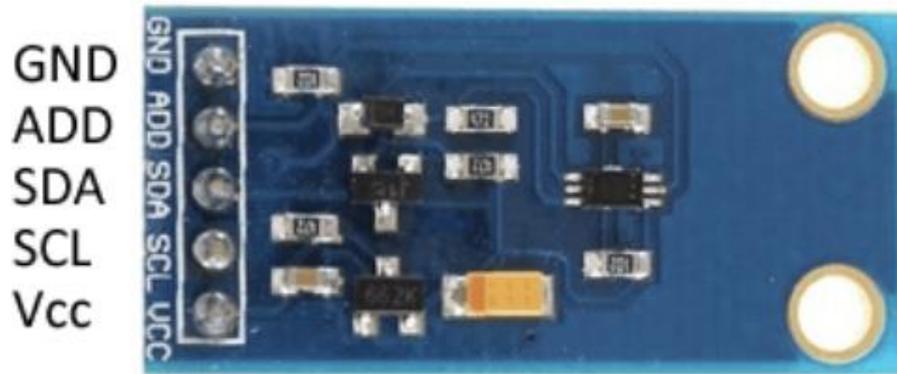


Figura 4. BH1750

Fuente: Tomado de Medir cantidad de luxes con Arduino y el luxómetro bh1750, por Llamas (2016).

Así también el Sensor BH1750, tiene una baja influencia a la luz artificial y una alta influencia a la luz natural por lo que se ajusta en gran medida a la presente aplicación, mediante la comunicación I2C se hace sencillo obtener datos.

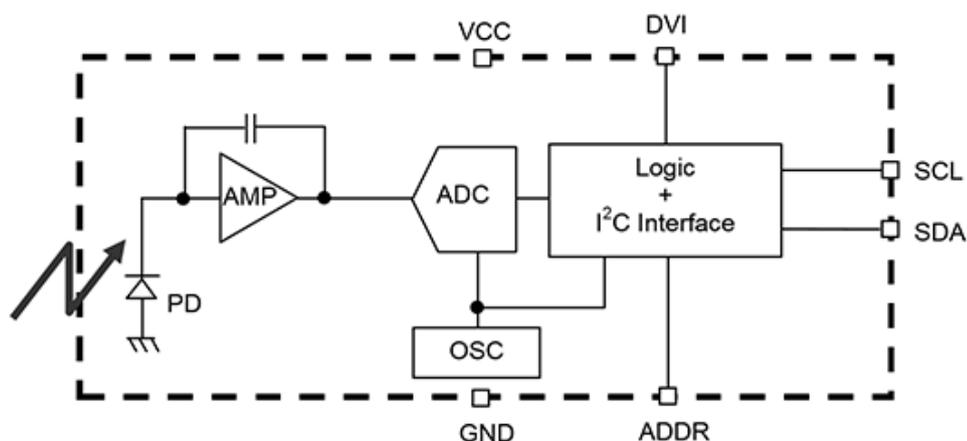


Figura 5. BH1750 interno

Fuente: Tomado de Medir cantidad de luxes con arduino y el luxómetro bh1750, por Llamas (2016).

1.1.5 Sistemas embebidos

Entendemos por sistemas embebidos a un circuito Electrónico que es capaz de realizar operaciones de computación en tiempo real y que cumplen una tarea en específico, mucho de estos sistemas embebidos tienen ciertas limitantes por ser aplicadas para tareas específicas ejemplo sistemas de inyección de gasolina, sistemas de riego, control de climatización, ascensores, sistemas contra robos, etc.

Los lenguajes que generalmente utilizan son Ansi C, C++, Basic, etc.; también es importante resaltar el bajo consumo de energía que utiliza, pudiendo utilizar baterías y aprovechar las energías renovables (Salas, 2015).

1.1.6 Raspberry Pi

Se imaginan tener en una placa electrónica de aproximadamente 9x6 cm, esas dimensiones son suficientes para esta computadora con la posibilidad de programar, jugar, mirar una película, realizar aplicaciones de Automatización Industrial y residencial, robótica, realizar sistemas de monitoreo y etc. todo eso y más cosas nos permite realizar las placas Raspberry es en otras palabras un miniordenador, consta de varios modelos por ejemplo: Raspberry Pi Model A+, Raspberry Pi Model B+, Raspberry Pi 4, Raspberry Pi 3, Raspberry Pi 2, Raspberry Pi Zero y etc, la diferencia entre sus diferentes versiones es por tamaño, número de puerto o tipos de comunicación integrados (Upton & Halfacree, 2012).

Tabla 2
Características Raspberry

Modelo	CPU	RAM	Conectividad Inalámbrica	Puertos E/S
Raspberry Pi 4B	1.5- GHz, 4 Core Broadcom BCM2711 (Cortex- A72)	2/4/8 GB	802.11 ac / Bluetooth 5.0	2x USB 3.0, 2x USB 2.0, 1x Gigabit Ethernet, 2x Micro HDMI.
Raspberry Pi 3B+	1.4-GHz, 4-core BCM2837B0 (cortex- A53)	1GB	802.11 ac / Bluetooth 4.2	4x USB 2.0, 1x HDMI, 3.5mm audio
Raspberry Pi Zero W	1-GHz, 1 -core Broadcom BCM2835 (ARM1176JZF-S)	512 MB	802.11 n / Bluetooth 4.1	1xmicro USB, 1x mini HDMI,
Raspberry Pi Zero WH	1-GHz, 1 -core Broadcom BCM2835 (ARM1176JZF-S)	512 MB	802.11 n / Bluetooth 4.1	1xmicro USB, 1x mini HDMI,
Raspberry Pi Zero	1-GHz, 1 -core Broadcom BCM2835 (ARM1176JZF-S)	512 MB		1xmicro USB, 1x mini HDMI,

Fuente: Tomado de Un repaso a las principales placas, por (Rodriguez, 2020).

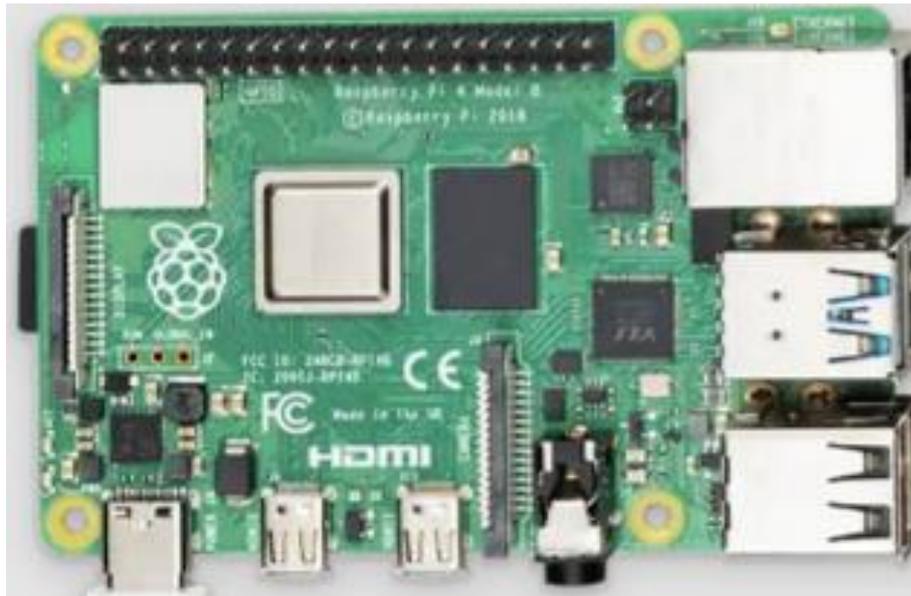


Figura 6. Raspberry Pi

Fuente: Tomado de Computing for everybody, por RaspberryPi (2019).

1.1.6.1 Estándar IEEE 802.11ac

Es un reciente estándar para conexiones inalámbricas, una de las características es su mayor velocidad con respecto a sus predecesoras siendo un 10% mayor el aumento en la eficiencia y un menor consumo de energía, gracias a su versatilidad cada vez está siendo más utilizado (Wni, 2019)

Tabla 3

Comparación de estándar IEEE 802.11ac

	IEEE 802.11n	IEEE 802.11ac
Frecuencia de Operación	2.4 GHz y 5GHz	5GHz
Canales	20, 40 MHz	20, 40,80 y hasta 160 MHz
MU-MIMO	No	Si
Máxima tasa de transferencia por Radio (1 x 1)	150 Mbps	450 Mbps
Máxima tasa de transferencia por Radio (3 x 3)	450 Mbps	1.3 Gbps

Fuente: Tomado de El nuevo estándar inalámbrico 802.11ac, por (Wni, 2019).

1.1.7 Sistema de monitoreo

En el cual se pueden visualizar algo en la pantalla con fines de control o supervisar, también se utiliza el termino para describir un proceso mediante el cual se puede observar, estudiar, reunir y realizar un seguimiento según (RAE, 2019), así podríamos mencionar que un Sistema de monitoreo es las partes que interactúan entre sí, para cumplir el fin de monitorear datos. Tendremos que la implementación propuesta está compuesta por componentes electrónicos que interactúan con el software proporcionándole datos, actualmente con la popularización del término Internet de las Cosas IoT, existen varias plataformas las cuales se podría utilizar, sin embargo, también está la posibilidad de crear tus propias aplicaciones, las cuales modificar según los requerimientos específicos de centros de monitoreo.

Node-RED

Aplicación para soluciones de IoT y la industria 4.0 que permite gestionar y transformar datos en tiempo real, la misma que fue desarrollada por IBM, nos permite poder conectar hardware con aplicaciones y servicios en línea, la programación es sencilla basada en bloques (NODE-RED, 2020).

IoT-Dashboard

Aplicación basada en JavaScript, HTML y CSS, es OpenSource por lo cual el código puede modificarse, cuenta con facilidad de configurar, también tiene la posibilidad de funciona localmente sin necesidad de habilitar algún servidor.(ProSoft, 2020b).

IoBroker

Aplicación abocada a Internet de las Cosas, que esta direccionada en los hogares inteligentes, la lectura de datos inteligente, automatización de diversos procesos, en edificios automatizados y etc. También IoBroker es el sucesor de CCU IO (ProSoft, 2020a).

1.1.8 La World Wide Web

Es el conjunto de documento que se interconectan por enlaces de hipertexto, se puede acceder mediante un navegador y gracias a la web 4.0 se tiene una gran capacidad de almacenamiento en la nube y procesamiento de datos, peticiones y

etc, siendo accesible mediante cualquier dispositivo con conexión a internet (Latorre, 2018).

1.1.9 Base de Datos

Su principal objetivo es gestionar grandes cantidades de información, en un mundo globalizado donde cada vez dependemos más de los ordenadores, equipos móviles y demás. La información a tomado parte fundamental para convertirse en algo muy valioso, no solo para un individuo sino también para los estados, en general para todo ser humano la información es muy importante desde que nace ya es registrado y puede ser parte de la sociedad. (Silberschatz et al., 2002). Las Bases de Datos son aplicadas a diferentes áreas, por ejemplo.

Banca: toda transacción y demás datos de los usuarios son almacenadas en bases de datos las cuales tiene políticas rigurosas para su administración.

Líneas aéreas: ya sea para el registro de un nuevo usuario, para reservas, para programar los vuelos o saber si el avión cubrió el número de pasajeros de capacidad del avión, se usan las bases de datos para almacenar dicha información.

Universidades. El registro del historial académico, nuevos ingresantes, pagos, asignación de docentes y demás se usan las bases de datos.

Telecomunicaciones. para el tema de cobros, el registro de usuarios, para verificar el saldo de un determinado cliente se usan las bases de datos para almacenar dicha información.

1.1.10 Firebase

Es una plataforma que te brinda diversas aplicaciones con el respaldo de Google, por lo cual puedes desarrollar aplicaciones de calidad y robustas con la confianza de almacenar datos relevantes en dicha plataforma, otro de los puntos más resaltantes es la simplicidad para generar aplicaciones con sus diversas herramientas (Firebase, 2020).

- Cloud Firestore.
- Kit de AA.
- Cloud Functions.
- Test Lab.
- Analytics.
- Firebase A/B Testing.

- Autenticación.
- Hosting.
- Cloud Storage.
- Realtime Database.
- Crashlytics.
- Performance Monitoring.
- Cloud Config.
- Remote Config.
- Dynamic Links.
- Indexación de Aplicaciones.
- Invites.

Realtime Database

Es una potente herramienta de Firebase en las aplicaciones relacionada a IoT, algo muy importante es que los datos adquiridos sean procesados y observados en tiempo real, es así que RealTime Database permite alojar y disponer de los datos en tiempo real sin la necesidad de realizar alguna acción de parte del usuario (Digital55, 2020).

1.1.11 Python

Lenguaje de programación de alto nivel y orientado a objetos, diseñado de tal manera que su aprendizaje sea fácil, también cuenta con paquetes y módulos los cuales puedes utilizar acortando mucho el tiempo de programación, es un lenguaje de programación que se ajusta a programadores novatos como también a avanzados, es por ello que empresas como Google y entidades de renombre como la Nasa utilizan este lenguaje de Programación (Datademia, 2021).

Las diversas librerías se encuentra libre en su página oficial <https://www.python.org/> , así también contine módulos de terceros los cuales contribuyen constantemente, es considerado multiplataforma y Python mediante su interprete puede ser extensible con tipos de datos y funciones que fueron realizados en C o C++ (Python, 2019).

1.1.12 Senamhi

Es el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, organismo técnico especializada, que brinda informaciones meteorológicas, hidrológicas y agrometeorología, creada bajo el decreto Ley N° 17532. Como un organismo público descentralizado, sus principales funciones son organizar, controlar, operar y mantener la Red Nacional de Estaciones Meteorológicas, Hidrológicas y Agrometeorología, así también trabajan en el estudio y pronóstico de eventos extremos de corto plazo como lluvias y vientos, bajas temperaturas; también

intervienen en el estudio de energías renovables, el monitoreo de contaminación, cambios de la composición de la atmósfera y etc. es la organización que presenta al Perú en la Organización Meteorológica Mundial (Senamhi, 2019).

1.1.13 Energía Renovable

Se cuenta con diferentes fuentes de energías renovables por ejemplo la energía solar, energía eólica, energía de la biomasa, energía hidráulica, energía marítima y energía geotérmica, las cuales se pueden aprovechar, estos recursos energéticos renovables deben ser más usados en el día a día el Perú tiene el decreto legislativo N°1002 de la Promoción de la Inversión para la generación de Electricidad con el uso de Energías Renovables (Osinermin, 2019).

El presente módulo de monitoreo también requiere que cuente con unas fuentes de energía constante, por ello se plantea su utilización para la autonomía requerida.

1.1.13.1 Tecnología Solar Fotovoltaica

Genera energía por medio de la captación de radiaciones electromagnéticas emitidas del sol, en base a materiales semiconductores como las células fotovoltaicas, se genera energía eléctrica cuando las células fotovoltaicas son impactadas por fotones (Osinermin, 2019).

Se tiene diferentes tipos de Células Fotovoltaicas los más comerciales se tiene, por ejemplo:

- Las Células Fotovoltaicas, compuesto por Silicio monocristalino, está confirmado por un único cristal de silicio con estructura uniforme (Planas, 2016).

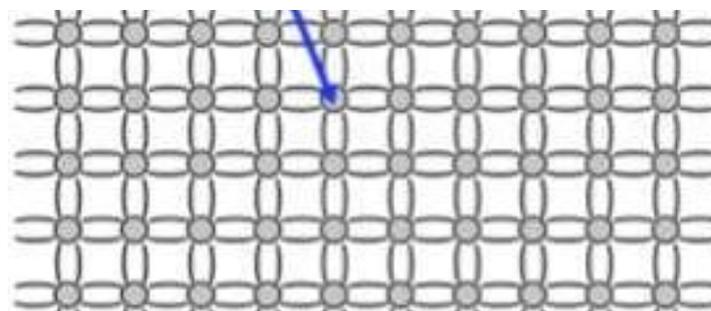


Figura 7. Estructura Célula monocristalina

Fuente: Adaptado de Célula Fotovoltaica: Tipos y Estructura, por Alonso (2006).

- Células solare de silicio Policristalino, compuesto por diversos cristales de silicio una de sus características es que son de menor costo pero también su rendimiento es menor (Planas, 2016).

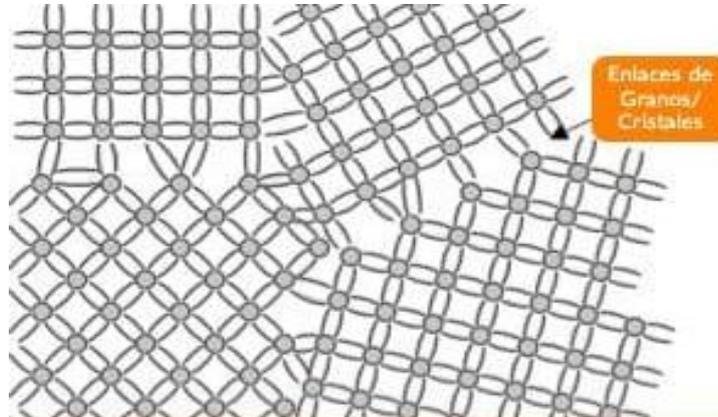


Figura 8. Estructura Célula Policristalina

Fuente: Adaptado de Célula Fotovoltaica: Tipos y Estructura, por Alonso (2006).

También podemos hacer referencia que según el mapa solar del Perú, en la zona sur presenta una mayor irradiación solar según la (Globalsolaratlas, 2020), es por ello que se opta por este tipo de energía renovable.

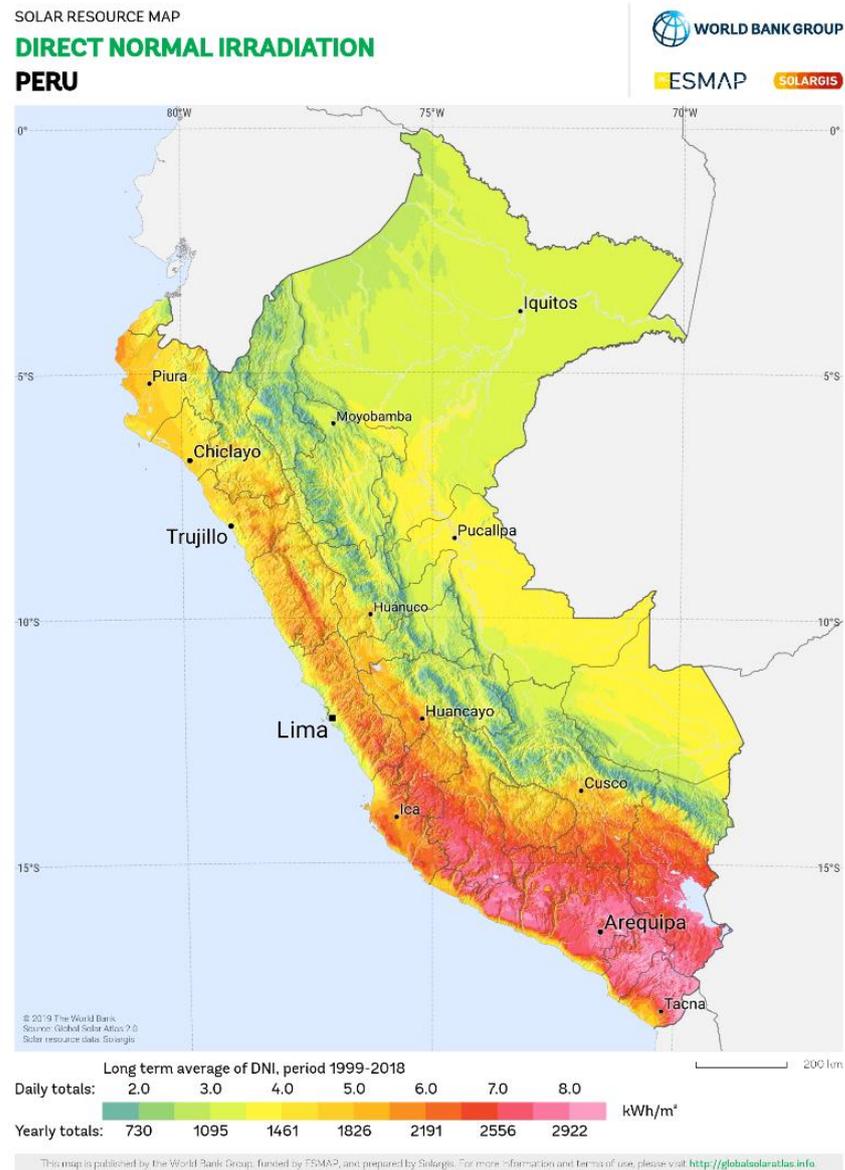


Figura 9. Mapa de radiación solar

Fuente: Tomado de Global Photovoltaic Power Potential by Country, por Globalsolaratlas (2020).

1.1.14 Internet de las Cosas IOT

Podemos decir que internet de las cosas es todo aquello objeto o cosa que se conectan a internet, en la actualidad y con más frecuencia los vemos en los sistemas de monitoreo en las casas inteligentes y entre otras aplicaciones, con esta masiva interconexión y datos, se ha potencializado la ciencia de Dato, Big Data y la computación en la nube (Iaarbook, 2020).

Según la Figura 10 observamos que a través de los años existe cada vez más equipos conectados que la población mundial, esto indudablemente es una clara señal que se debe tomar en cuenta este crecimiento de dispositivos conectados (Evans, 2011).

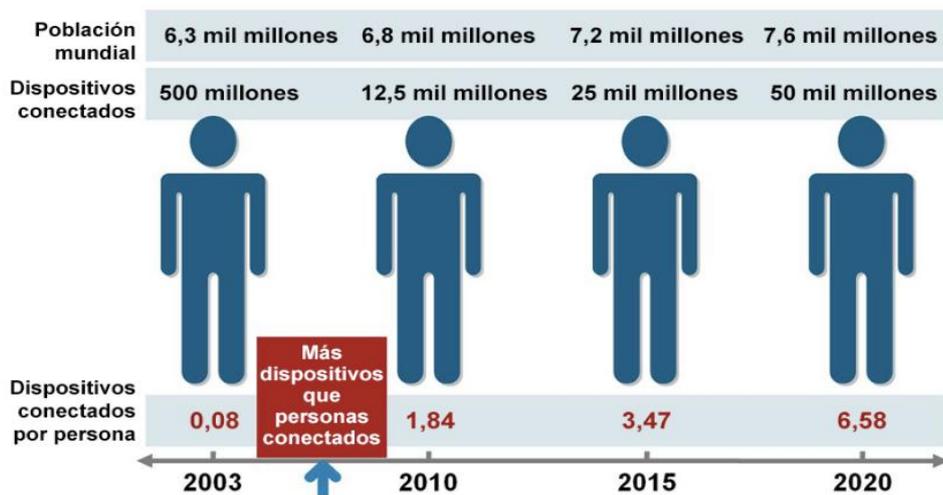


Figura 10. Comienzos de IOT

Fuente: Tomado de The Internet of Things: How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything, por Evans (2011).

Los datos sueltos podría parecer ambiguo sin nada relevante, pero estos mismos analizados pueden contribuir con el desarrollo y crecimiento en cuanto a tecnología, más aún estos datos al ser compartidos puede llevar a la humanidad a descubrir nuevas cosas (Evans, 2011).



Figura 11. Los datos son importantes

Fuente: Tomado de The Internet of Things: How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything, por Evans (2011).

1.2 Antecedentes

Se cuenta con las siguientes investigaciones relacionadas con el problema de estudio:

Cardenas et al. (2019), en la investigación “Diseño de aplicación IoT para el monitoreo de casas de cultivo” los autores proponen la utilización de la plataforma IoT Things Board para la visualización y almacenamiento de valores, concluyendo que la plataforma mencionada cumple con los requisitos necesarios.

BP & JMT (2019), la investigación “Estudio y concepción de un heliógrafo”, muestra la implementación de un heliógrafo concluyendo y teniendo como resultado el desarrollo de un heliógrafo mediante un diseño e impresión 3D, así también la esfera de vidrio fue reemplazada por una esfera que en su interior contiene agua.

Rodrigues et al. (2019), en la investigación “Automatización del proceso de conteo de horas de brillo solar” los autores pudieron contabilizar las tarjetas graduadas de heliógrafo de manera automática, mediante procesamiento digital de imágenes y almacenar los datos en una base de datos obteniendo resultados satisfactorios.

M. Rodríguez (2018), en su tesis “Diseño y Construcción del Prototipo de un Sistema de Adquisición, Transmisión y Visualización de Datos Hidrometeorológicos” donde su principal objetivo es adquirir información de sensores hidrometeorológicos vía internet el cual se integra a un sistema nacional de visualización utilizado por el instituto de hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), demostrando que con el diseño propuesto basado en un Raspberry PI se puede lograr dichos objetivos.

Ruiz et al. (2018), en la investigación “Monitoreo de Variables Meteorológicas a Través de un Sistema Inalámbrico de Adquisición de Datos” desarrollado en Pamplona - Colombia, en el artículo menciona sobre el desarrollo de un sistema que se diseñó en base a microcontroladores conjuntamente con módulos WIFI, lograron obtener las variables climáticas mediante una página web logrando un monitoreo constante y en tiempo real.

Chaiña (2018), el propósito de esta investigación fue evaluar la situación actual del abastecimiento de agua para consumo doméstico, dentro de la misma investigación se hace mención al número de horas de luz solar brillante, que son definidas como la duración de trazas o quemaduras hechas en una carta hidrográfica por el registro de

“Campbell Stokes”, considera como una variable que influye en el abastecimiento de agua.

Polo et al. (2017), en la investigación “Diseño, Construcción y Sistematización de una Estación Meteorológica de Registro Automático y Procesamiento de tres Parámetros Usando Hardware Libre” Desarrollado en la Ciudad de Tacna, registran tres parámetros meteorológicos (Temperatura, Irradiación Solar y Humedad Relativa Ambiental) usando hardware libre, así lograron el registro automático de los parámetros mencionados.

Aquino (2017), investigación realizada en la Ciudad de Juliaca, en la cual precisa el conocimiento de la energía solar para el diseño de viviendas bioclimáticos, según los datos obtenidos tanto de sensor de temperatura y datos de la irradiación solar, obtuvieron el diseño adecuado, así podemos puntualizar la importancia de la obtención de estos datos para la adecuada toma de decisiones.

Pizano (2016), el trabajo de investigación desarrollado tuvo como objetivo realizar el análisis temporal de las sequías en la provincia de Puno, así fueron analizados datos de un periodo de 48 años (1964 al 2011), datos que fueron adquiridos de SENAMHI, se analizó de acuerdo al rango de valores de IPE propuesto por Mc Kee, se obtuvieron datos de 05 estaciones encontrando 5576 eventos analizados donde el 3 % son considerados como eventos de sequías extremas, 5.2 % eventos de sequías severas, 11.8% eventos de sequías moderadas, 24.1% eventos ligeramente secas, 41.1 % eventos de sequías moderadas, 10.2 % eventos moderadamente húmedos, 3.3% a eventos muy húmedas.

Vargas et al. (2016), en la investigación “Arquitectura de una red de estaciones meteorológicas controladas remotamente en tiempo real”, los autores después de implementar cuatro módulos para el sensado de variables climáticas concluyen que su propuesta es robusta porque es a prueba de fallos en la comunicación.

Alves et al. (2015), trabajo de investigación se realizó como parte del XIX Congreso Brasileiro de Agrometeorología, en los que los autores comparan las horas de brillo solar mediante el sensor CSD3 y Heliógrafo observando que se presentan diferencias mayores en los meses con presencia de nubes a comparación de días despejados.

L. Rodríguez, (2015), en la tesis doctoral “Utilización de la Cámara Plenóptica como sensor de frente de onda para Óptica Adaptiva en Astrofísica”, el autor propone uso de

cámara Plenóptica como alternativa a sensores convencionales (shack-hartmann, Curvatura y Pirámide).

Chacon (2015), el trabajo de investigación se realizó en la cuenca del río Huancané, provincia Huancané, Departamento de Puno, donde el objetivo conocer los efectos de la variación climática sobre la disponibilidad de los recursos Hídricos en la cuenca mencionada, indica que analizaron los cambios de temperatura, de las diferentes estaciones meteorológicas de Senamhi, obteniendo como resultado la tendencia a disminuir la cuenca en una proporción del 24 a 30 % según los datos obtenidos por Senamhi, es así que se precisa la importancia de los datos y su posterior análisis.

Vidal (2014), en la tesis “Sistema de Sensado Remoto para la Medición de Variables Ambientales”, el autor tiene el objetivo de realizar la medición de variables ambientales remotamente, logró realizarlo mediante un microcontrolador ATMEGA328, así también mediante la comunicación inalámbrica logro los objetivos esperados.

Aristizabal & Nieves (2013), en su investigación “Implementación de un Prototipo de Sistema Fotovoltaico Autónomo: Construcción, Caracterización y Monitoreo”, el autor dimensiono mediante mediciones reales de radiación solar con ello permitió alimentar hasta 535.7Wh/día.

Arizaca (2013), el autor enfatiza que el altiplano no es ajeno a los fenómenos de cambio climático es por ello que plantea evaluar los efectos de las variaciones de los elementos climáticos sobre la producción de los cultivos de papa y quinua, en la vertiente del Lago Titicaca del Perú en el año 2013. Así podemos mencionar la gran importancia en dicha investigación de los datos climáticos obtenidos de SENAMHI-Puno, datos que en nuestro caso se pretende automatizar, teniendo como conclusiones que la Agricultura en el Altiplano de Puno, tiene una elevada exposición al riesgo del cambio climático, teniendo una tendencia creciente de la temperatura según el estudio realizado.

C. Rodríguez (2013), en su tesis “Sistema Automático de Monitoreo Remoto de Variables Meteorológicas” tesis desarrollada en México, el autor indica que con el uso de sensores electrónicos y el sistema de adquirente de datos con telemetría usando microcontroladores PIC y un HMI (Interfaz Maquina Humano), consiguió monitorear y almacenar datos de una estación meteorológica automática sin la necesidad de la intervención humana.



Román (2011), en la tesis “Diseño y Construcción de un Prototipo Mecatrónico para Medir y Registrar la Precipitación Pluvial y su pH”, desarrollado en México, en base al diseño de circuitos electrónicos se adquiere la señal proveniente del electrodo de Ph, mediante un mecanismo mecánico operar de forma autónoma la adquisición de muestras mediante un microcontrolador, con los cuales llegaron a cumplir sus objetivos propuestos.

Silva et al. (2011), en la investigación “Análisis de la duración diaria de la luz solar por heliógrafo, pirheliómetro equivalente y satélite en Maceio, AL” los autores mediante la comparación obtuvieron un error asociado de -8 a -12%, comparación para un periodo de 10 días.

López (2004), en la tesis “Evaluación de la Operación, Mantenimiento y Confiabilidad de Heliógrafos de fabricación local”, desarrollado en Guatemala, los autores de dicha tesis describen la importancia del uso de estos equipos, así también que después de las pruebas sometidas llegaron a la conclusión que el Heliógrafo construido localmente función con un 95% de confiabilidad.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema

En la estación de meteorología Puno y demás estaciones ubicadas en la Región Puno para obtener las horas de luz solar utilizan un Heliógrafo, es un instrumento el cual registra mediante la quemadura por acción de la luz solar en tarjetas graduadas, los mismos que son procesados manualmente, se pudo constatar el proceso que la recolección de datos de Luz solar que es básicamente manual, basada en una tarjeta física que es cambiada todos los días por un operador responsable de la estación, esta tarjeta obtiene los datos mediante desgaste por acción de la luz la cual es refleja mediante una bola que hace la acción de una lupa trazando quemaduras durante el transcurso del día en diferentes posiciones, así se tiene la tarjeta marcada con este desgaste por acción del sol los cuales son recolectados manualmente y llevados a las oficinas de SENAMHI en Puno (Senamhi, 2019).

2.2. Enunciados del problema

¿Se podrá desarrollar un módulo que pueda monitorear la luz solar en la estación meteorológica Puno del Senamhi?

- ¿El módulo desarrollado utilizando sensores podrá identificar la luz solar en la estación meteorológica Puno del Senamhi?
- ¿Se podrá monitorear la luz solar en tiempo real en la estación meteorología Puno del Senamhi?
- ¿Se podrá constatar datos adquiridos de heliógrafo con un módulo de monitoreo?

2.3. Justificación

En lo social, según los Objetivos de Desarrollo Sostenible en su objetivo 13 indica adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos, el presente

modulo plantea una solución en la que la sociedad podría visualizar los datos en tiempo real y poder analizarlos, (Naciones Unidas, 2022).

En lo Económico, al aprovechar el sistema de monitoreo que no necesita energía por ser autosostenible y brinda la posibilidad de tener los datos en tiempo real sin la necesidad de que un operador cambie todos los días las tarjetas graduadas como es el caso del heliógrafo y así también se tiene un horas hombre que se pierde registrando manualmente los datos, con el prototipo presentado se genera un valor agregado.

En lo Ambiental, si se opta por este tipo de módulos se dejará de usar las tarjetas graduadas que luego son desechadas o almacenadas, puesto que el sistema no requiere de algún suministro de energía ya que se optó por la energía fotovoltaica y no requiere de tarjetas graduadas para registrar los datos contribuyendo con el no uso de papel.

En lo tecnológico, el módulo implementado es autónomo indudablemente muestra una alternativa tecnológica que nos da la posibilidad de obtener datos en tiempo real y los mismo ser almacenados y tener un histórico de los datos en firebase, para que cualquier investigador pueda consultar y generar investigaciones.

En lo científico, según los Objetivos de desarrollo Sostenible en su objetivo 13 indica adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos, mediante este módulo se puede brindar lo datos en tiempo real para que se puede monitorear constantemente cualquier anomalía.

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo general

Diseñar e implementar un módulo de monitoreo de luz solar en la estación meteorológica Puno del Senamhi.

2.4.2. Objetivos específicos

- Implementar un módulo en base a sensores para identificar la luz solar en la estación meteorológica Puno.
- Monitorear la luz solar en tiempo real en la estación meteorológica Puno mediante la Web.
- Contrastar datos adquiridos de heliógrafo con módulo de monitoreo.



2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

El módulo desarrollado permite monitorear la luz solar en la estación meteorológica Puno del Senamhi.

2.5.2. Hipótesis específicas

- El módulo desarrollado con utilización de sensores identifica la luz solar en la estación meteorológica Puno.
- Se monitorea la luz solar en la estación meteorológica en tiempo real mediante la web.
- Se contrasta datos adquiridos de heliógrafo con módulo de monitoreo.

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio

La Investigación denominada: “**Diseño e Implementación de un Módulo de Monitoreo de luz Solar en la Estación Meteorológica Puno - Senamhi, 2019**”, se desarrollará en la estación meteorológica Puno. Ciudad de Puno, Perú del Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú -SENAMHI (Datos, 2019).

Está ubicada geográficamente:

Latitud	:	-15° 49' 34.5"
Longitud	:	-70° 0' 43.5"
Altitud	:	3812 msnm.



Figura 12. Estación meteorológica Puno

Fuente: Tomado de Google Maps, por GoogleMaps (2022).

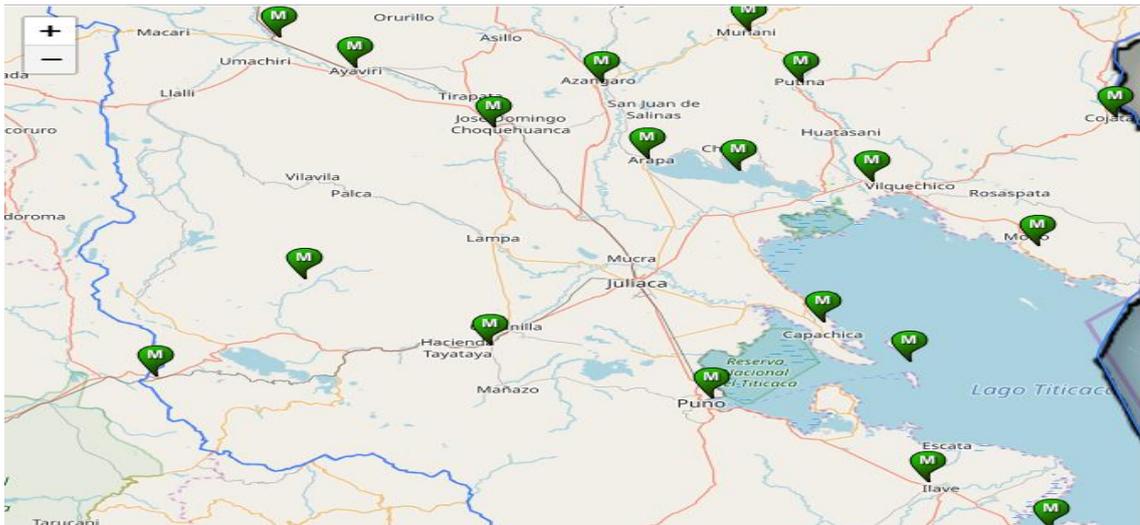


Figura 13. Redes de Observación y Datos, SENAMHI

Fuente: Tomado de Datos Meteorológicos en Puno, por Senamhi (2022).

3.2. Población

Para la presente investigación al tener la referencia de datos que se reportan por el método convencional se obtiene las horas de sol durante el día con el heliógrafo pudiendo distinguir un máximo de intervalo de un cuarto de hora, esto se debe a la escala de las Tarjetas graduadas utilizada. El proyecto pretende recolectar información en diferentes lapsos de tiempo, al momento actual de ha realizado la recolección de datos en diferentes fechas. Las mediciones pueden ser ilimitadas, pero para la validación del módulo de monitoreo requerimos solamente un lapso de tiempo y verificar si el módulo puede ser una alternativa o no, mucho de los datos previos adquiridos son de pruebas de equipo que no se considerara como validas.

3.3. Muestra

Para el presente trabajo, no se considera la muestra porque se pretende dar datos más precisos del método convencional el cual solo obtienen las horas de sol durante el día, para la comprobación se analizara el comportamiento en 5 días de resultado de la adquisición de datos, por otro lado si se limitara las horas las cuales no existe luz solar haciendo referencia a datos mundiales Datosmundial, (2019), indica que en Perú que amanece: 5:55h y la puesta de sol :18:05 h.

3.4. Método de investigación

El presente proyecto de investigación según su finalidad es “Investigación aplicada”:

- Cuantitativa no experimental: Cuantitativa porque se pretende medir la variable independiente y ser almacenada en nuestro Sistema de monitoreo, es no experimental por no se manipulará la variable independiente.
- Transeccional o transversal: Porque los datos obtenidos con el heliógrafo y con nuestra implementación analizaremos su similitud en un momento dado de tiempo.
- Exploratoria: Porque la implementación propuesta se realiza la exploración con el sensor BH1750 y una tarjeta Raspberry Pi, según la revisión de los antecedentes no se tienen implementaciones similares.
- Aplicativo: Porque es una alternativa de medición utilizando tecnología para obteniendo datos en tiempo real a comparación del método convencional, pudiendo considerarse como adelantos y productos tecnológicos.

Así planteamos nuestro tipo y diseño de investigación tomando de referencia a Sampieri & Collado (2010).

3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

Se describe la la operacionalización de variables en la Tabla 4.

Tabla 4
Operacionalización de Variables

Módulo de monitoreo de luz solar en la estación meteorológica Puno de Senamhi				
Variab	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Técnica e Instrumentos
V. Independiente. Luz Solar.	Luz de una fuente natural, también conocida como brillo solar	Presencia de Luz Solas. Ausencia de Luz Solar.	Adquisición de datos en tiempo real	Datos Históricos
V. Dependiente. Módulo de monitoreo.	Consiste en una implementación de componentes electrónicos que interactúan con el software proporcionándole datos	Hardware	-Sensores -Raspberry Pi -Módulo de comunicación. -Alimentación de 5v, sin interrupción.	Sistema funcionando adecuadamente, envió de datos en un intervalo de minutos.
		Software	-Hosting. -Base de datos. -Dominio. -Entorno Web, visualizar datos.	Recepción de datos del Hardware y se visualiza mediante la Web.

Tabla 5
Materiales, equipo, insumos u otros

Item	Materiales, equipo, insumos u otros	Descripción del uso
1.1	Raspberry PI	Para procesamiento de los datos adquiridos por el sensor.
1.2	Sensor BH1750	Sensor para adquirir datos en Lux
1.3	Impresora 3D	Sera necesario para imprimir piezas para la implementación.
1.4	Filamento PLA	Material que servirá para la impresión de nuestros modelos en 3D,
1.5	Modem	Para permitir la conectividad.
1.6	CHIP	Chip con un plan de datos.
1.7	Batería de 12V	Alimentación de Implementación
1.8	Kit panel solar	Para brindar autonomía a nuestra implementación.
1.9	Soporte para Implementación	Soporte para implementación ubicada a una altura con respecto al suelo.
1.10	Tablero Electronico	El cual contendrá nuestros equipos electrónicos Para poder visualizar los datos de nuestra implementación vía web en cualquier momento.
1.11	Hosting y Dominio	Hosting donde se almacenará nuestra base de datos.
1.12	Inversor de Tensión de 12 V DC a 220VAC	Brinda alimentación para equipos electrónicos.
1.13	Servicio de Internet	Para realizar las investigaciones necesarias.

3.5.1. Implementación un módulo de monitoreó

Como parte de la implementación del módulo primero tendremos que diseñar la estructura para proteger nuestra implementación y circuitos, posterior a ello veremos el conexionado de los respectivos componentes electrónicos.

Diseño de modulo

El diseño debe cumplir la exigencia en cuanto autonomía de alimentación de energética como también se seguridad de equipos electrónicos es así que se usó el

software SketchUP para modelar como estará implementado nuestro modulo, se decide su utilización por ser de fácil uso y tener una cantidad componentes prediseñados que podemos utilizar para el diseño del módulo propuesto.

Diseño de soporte metálico

Es requerido el diseño de una estructura metálica la cual soporte el peso del tablero Electronico y panel solar, para el mismo se usó el software SketchUP. después de modelar estructura metálica tomando en cuenta las medidas del Panel solar y el tablero se tiene el siguiente diseño en la Figura 14.

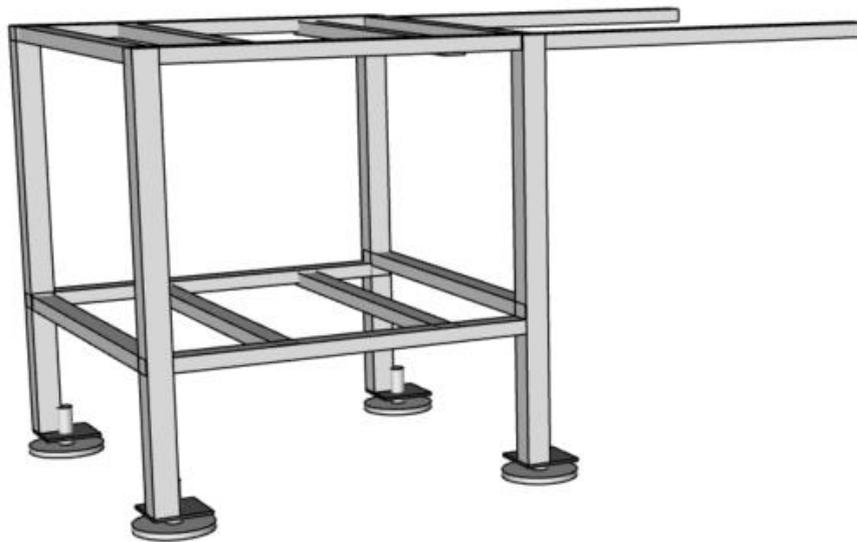


Figura 14. Soporte Metálico para Equipos

Fuente: Adaptado de diseños Sketchup, por Warahouse (2019).

Tablero electrónico

Según los componentes electrónicos internos se consideró un tablero con las siguientes dimensiones 15 cm x 40 cm x 50 cm, el cual estaría sobre la estructura metálica de tal manera que pueda estar protegido a cualquier derramamiento de agua; ingreso de agua a causa de lluvia; el tablero debe ser hermético, así como también la pintura secada al horno así tenemos el tablero electrónico con la estructura metálica en la Figura 15.

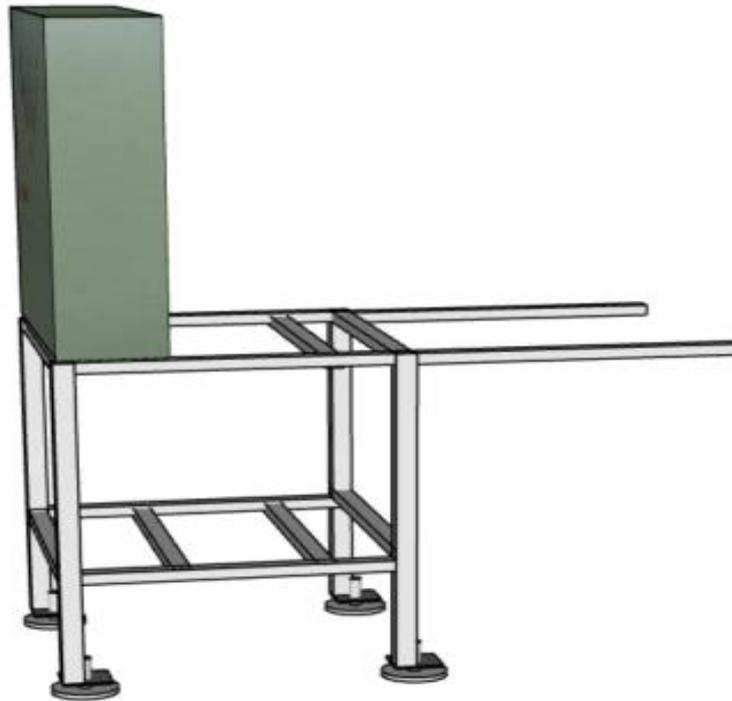


Figura 15. Soporte metálico con tablero Electronico

Fuente: Adaptado de diseños Sketchup, por Warahouse (2019).

Estructura Soporte para ángulo de inclinación panel solar

En el diseño se ha considerado un brazo articulado metálico que sujeta el panel solar, teniendo la posibilidad de definir el ángulo de inclinación del panel solar, de manera tal que se aprovechará durante el mayor tiempo posible la energía solar para alimentar a nuestros componentes electrónicos, pudiendo tener la posibilidad de ser un módulo autónomo en cuanto a energía y funcional para diferentes zonas en las cuales se puede hacer dichas mediciones como se muestra en la Figura 16.

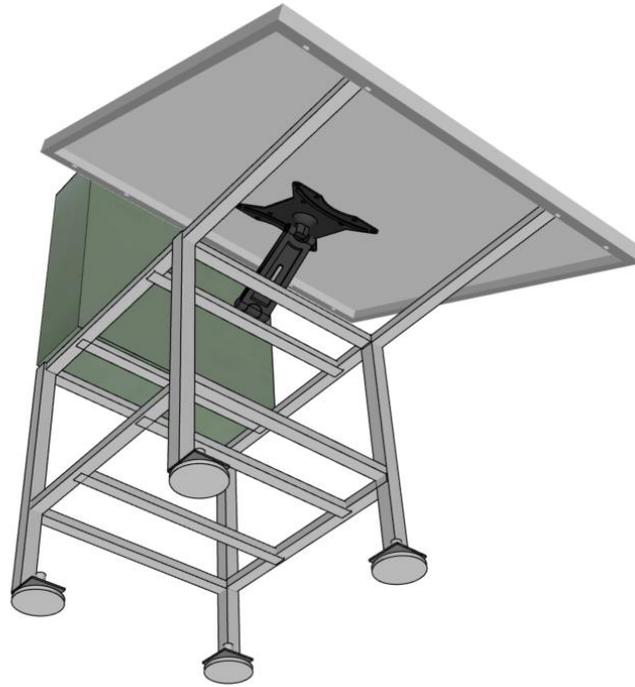


Figura 16. Módulo de monitorea vita desde la parte inferior
Fuente: Adaptado de diseños Sketchup, por Warahouse (2019).

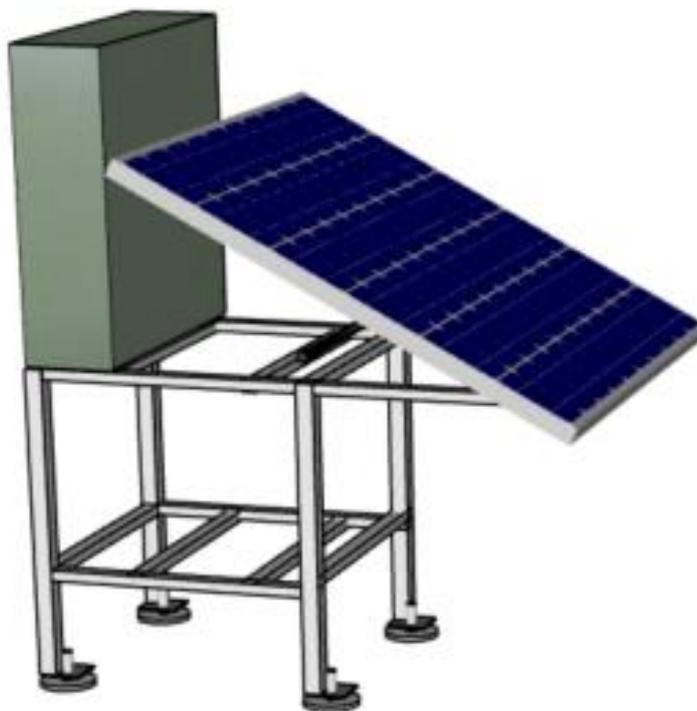


Figura 17. Módulo de monitoreo vista Isométrica
Fuente: Adaptado de diseños Sketchup, por Warahouse (2019).

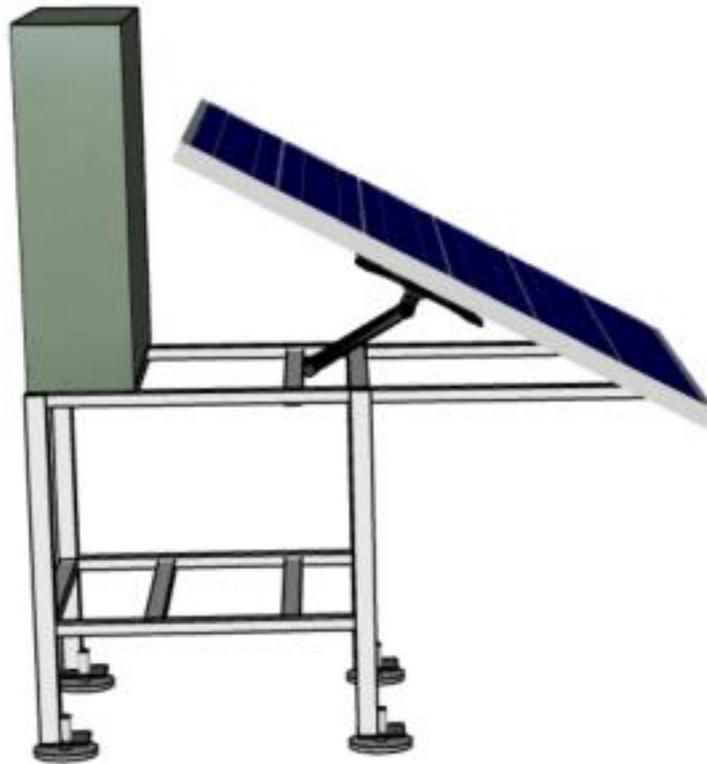


Figura 18. Módulo de Monitoreo vista Lateral

Fuente: Adaptado de diseños Sketchup, por Warahouse (2019).



Figura 19. Soporte metálico con tablero Electronico y panel solar

Fuente: Adaptado de diseños Sketchup, por Warahouse (2019).

Ubicación de Sensor BTH 1750

En vista que los componentes electrónicos estarán ubicados en la parte interior de tablero electrónico y para evitar las pérdidas causadas por una posible caída de tensión se definió el sensor en la parte superior de tablero de tal manera que evitaremos la sobra generada por el mismo modulo es así que se tiene el resulta en la Figura 20.



Figura 20. Soporte metálico con tablero

Módulo de Monitoreo implementado panel solar

Uno de los objetivos del presente proyecto es Implementar un módulo en base a sensores para la identificación de la luz solar en la estación meteorológica Puno, para el cual se consideró varios factores el más importante que debe ser autónomo en cuanto a energía, es por ello que en el diseño se consideró la energía fotovoltaica, asegurando el normal funcionamiento independientemente que exista radiación solar o no, en la Figura 21 observamos el módulo de monitoreo en cuanto a estructura se refiere ya implementado según el diseño.



Figura 21. Estructura de Modulo Monitoreo

Ubicación de Modulo de monitoreo con Panel solar.

Siendo para el caso del presente proyecto el módulo funcionara en la estación de monitores Puno, que está ubicada con referencia a coordenadas de Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS, 2022).

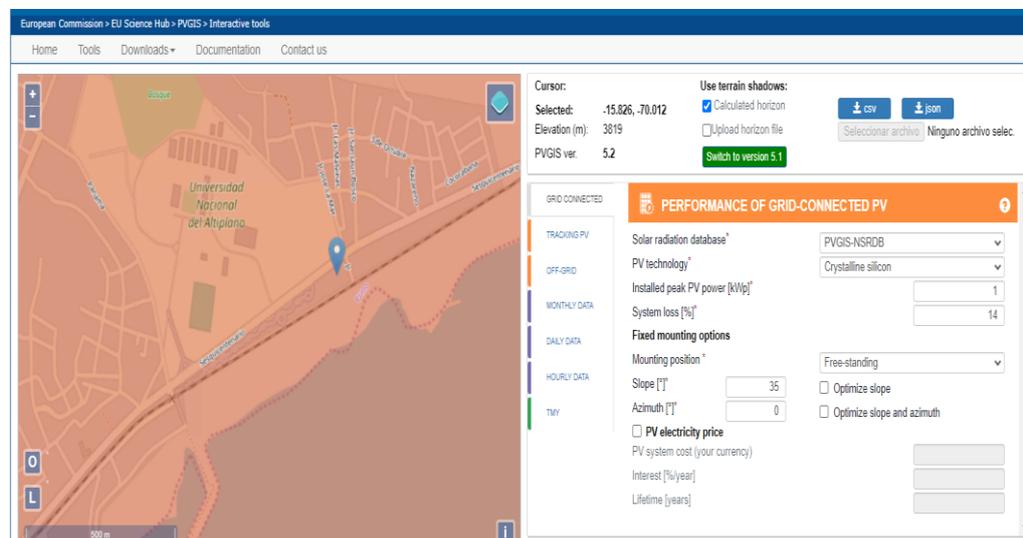


Figura 22. Ubicación de Modulo monitoreo con panel solar

Fuente: Adaptado de JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission, por PVGIS (2022).

Está ubicada geográficamente:

Latitud : -15.826

Longitud : -70.012

Angulo de Inclinación de panel solar (β)

Para que nuestro panel pueda captar la mayor cantidad de radiación solar es importante que se calcule la inclinación de panel solar para ello usaremos la siguiente fórmula para encontrar la inclinación óptima anual, para un panel solar estático (AreaTecnologica, 2020).

$$\beta = 3.7 + 0.69|\phi|$$

$$\beta = 3.7 + 10.92$$

$$\beta = 14.62$$

que según la formula aplicada para hallar la Inclinación de panel solar (β) no da como resultado 14.62°

Estimación de Recurso Solar en la ubicación de instalación

Considerando el ángulo de inclinación y la ubicación donde funcionara nuestro módulo de monitoreo haciendo uso del “Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica” de la Comisión Europea tenemos un reporte de las estimaciones por año y mensual de la irradiación solar en la ubicación y tomando en cuenta el ángulo de inclinación (β).

The screenshot shows the PVGIS web interface for configuring solar irradiation data. At the top, there are fields for 'Cursor' (Selected: -15.826, -70.012), 'Elevation (m): 3819', and 'PVGIS ver. 5.2'. There are also options for 'Usar sombras de terreno' (Use terrain shadows) with a checked 'Horizonte calculado' (Calculated horizon) and an unchecked 'Subir archivo de horizonte' (Upload horizon file) option. A 'Cambiar a la versión 5.1' (Switch to version 5.1) button is visible. Below this, there are download buttons for 'CSV' and 'JSON', and a 'Seleccionar archivo' (Select file) button with the text 'Ninguno archivo selec.' (No file selected). The main section is titled 'DATOS MENSUALES DE IRRADIACIÓN' (MONTHLY IRRADIATION DATA). It includes a dropdown for 'Base de datos de radiación solar' (Solar radiation database) set to 'PVGIS-NSRDB'. The 'Año de inicio' (Start year) is set to 2010 and 'Fin de año' (End year) is set to 2015. Under 'Irradiación' (Irradiation), there are checkboxes for 'Irradiación horizontal global' (Global horizontal irradiation), 'Irradiación Normal Directa' (Normal Direct Irradiation), and 'Ángulo óptimo de irradiación global' (Global optimal irradiation angle), all of which are unchecked. The 'Irradiación global en ángulo' (Global irradiation at angle) option is checked, and its value is set to 14.62. Under 'Relación' (Relation), the 'Relación difusa/global' (Diffuse/global relation) option is unchecked. Under 'Temperatura' (Temperature), the 'Temperatura media' (Average temperature) option is checked.

Figura 23. Ubicación de Modulo monitoreo con panel solar

Fuente: Adaptado de JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission, por PVGIS (2022).

Tabla 6:
Irradiación (kWh/m²/mes)

Mes/Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Promedio
Jan	187.19	220.64	209.02	204.97	208.98	197.86	204.78
Feb	178.14	164.1	191.29	186.23	210.51	194.89	187.53
Mar	225.09	203.51	214.42	227.05	236.88	216.24	220.53
Apr	212.79	218.84	197.05	232.38	214.45	187.44	210.49
May	205.39	217.54	227.07	206.49	219.75	210.79	214.51
Jun	208.02	206.84	208.92	191.32	208.28	213.93	206.22
Jul	225.65	211.33	217.79	212.93	207.24	215.71	215.11
Aug	233.07	227.62	241.79	220.56	216.31	224.1	227.24
Sep	237.61	220.93	144.37	243.55	211.87	230.71	214.84
Oct	232.28	237.14	247.55	236.28	238.9	234.31	237.74
Nov	238.29	223.87	226.69	231.37	225.27	227.29	228.80
Dec	209.38	194.9	209.52	208.15	220.15	221.82	210.65
ANUAL	2592.9	2547.26	2535.48	2601.28	2618.59	2575.09	2578.43

Fuente: Adaptado de JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission, por (PVGIS, 2022).

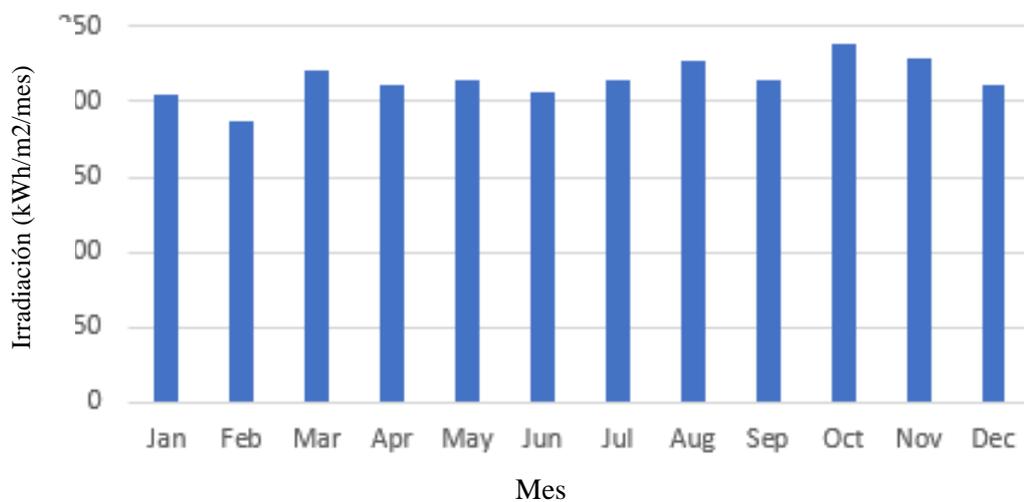


Figura 24. Promedio de Irradiación mensual desde el 2010 al 2015

Fuente: Adaptado de JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission, por PVGIS (2022).

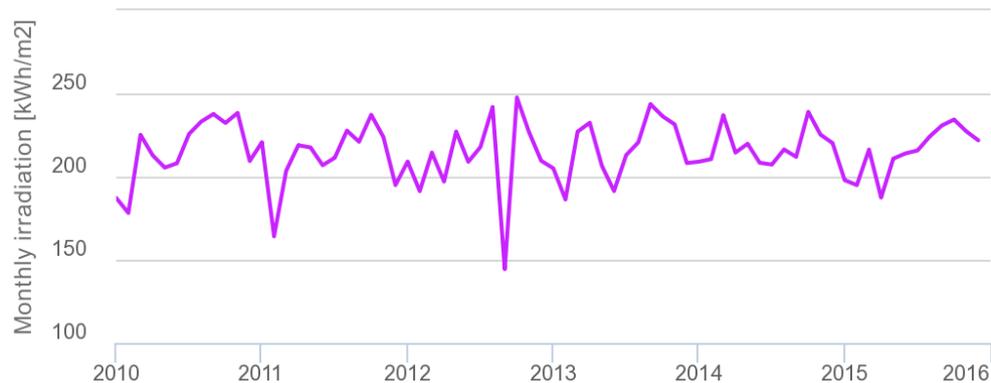


Figura 25. Estimaciones mensuales de irradiación solar

Fuente: Adaptado de JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission, por PVGIS (2022).

Cálculo de la Demanda Energética

Según los datos adquiridos “Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica” de la Comisión Europea para las coordenadas donde se instalara el módulo así como para el ángulo de inclinación, la irradiación es muy aceptable, siendo para el mes de Julio en promedio de los 5 años analizados el valor de 215.11 kWh/m² (PVGIS, 2022).

Así el módulo a implementar para que pueda brindar autonomía y que los equipos funcionen correctamente para adquirir datos independientemente de si exista o no radiación solar para la generación de energía, es necesario calcular la demanda energética así como también dimensionar la capacidad de la batería, de tal manera que podemos brindar la respectiva autonomía a nuestro modulo, cabe mencionar que dicho modulo funcionara en un promedio de 12 horas diarias , así contamos con lo siguiente:

Según las características de la placa raspberry PI B+ se considera el máximo consumo, es así que según los requerimiento de fabricante indica que se debe alimentar con 5 V y una corriente de 3A esto nos da el consumo que es de 15 W según RaspberryPi, (2019), pero teniendo referencia de pruebas realizadas con un equipo de medición consideraremos 6.7 W.(Bugeados, 2020).

Sobre modem que permite la conectividad según las características de fabricante tendrá un consumo máximo de 4W, con aguante de batería de 8 Hrs en trabajo y en reposo 250 Hrs. (ZTE PERU, 2022).

Tabla 7
Demanda Energética

Equipo	Unid	Potencia (W)	Uso (Horas al día)	Energía diaria consumida (Wh/día)
Raspberry PI 3B	01	6.7 W	12	80.4
Modem ZTE	01	04 W	24	96
Consumo en Vacío de Inversor	01	06 W	12	72
Total				248.4

Potencia de Generador FV

El panel solar comercial de potencia máxima 55W con un voltaje nominal de 17.2 V como se muestra en el Tabla 8 las respectivas características técnicas.

Tabla 8
Características del panel solar seleccionado

Ítem	Detalle	Valor
1	Potencia Máxima Pmax	55 W
2	Voltaje Nominal	17.2 V
3	Corriente Nominal	3.20 A
4	Voltaje en Circuito Abierto	21.5 V
5	Corriente de Corto Circuito	3.52 A
6	Tensión Máxima del Sistema	1000 V
7	Condición de Prueba	AM1.5, 1000W/m ² , 25°C
8	Resistencia del Viento	2400

Cálculo de Batería

La batería es fundamental para que nuestro modulo funcione con una autonomía así definiremos que tenga una autonomía de 16 Horas lo que en días representa 0.66667 día, el voltaje de la batería a usar será por ser más comercia de 12 voltios y la profundidad de Descarga al 80%, así aplicaremos la siguiente formula:

$$Capacidad (Ah) = \frac{Demanda Energetica \times Dias Autonomia}{V_{bat} \times PD}$$

Donde:

V_{bat} = Voltaje de la Bateria

PD = Profundidad de Descarga

Reemplazando con los respectivos valores obtenemos:

$$\text{Capacidad (Ah)} = \frac{248 \frac{\text{Wh}}{\text{dia}} \times 0.6667 \text{ dia}}{12 \text{ V} \times 0.8}$$

$$\text{Capacidad (Ah)} = \frac{165.61 \text{ Ah}}{9.6}$$

$$\text{Capacidad (Ah)} = 17.251 \text{ Ah}$$

Es así con los datos obtenidos seleccionamos la batería en la marca opalux



Figura 26. Ubicación de Modulo monitoreo con panel solar

Fuente: Tomado de Batería de Plomo Acido, por Opalux (2022).

Eficiencia de Panel Solar

$$n = \frac{P_{max}}{G \times A} \times 100$$

n : Eficiencia.

P_{max} : Potencia Máxima (W).

G : Irradiancia ($\frac{W}{m^2}$)

A : Área de Panel Solar

$$n = \frac{55 \text{ W}}{1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \times 0.3551 \text{ m}^2} \times 100$$

$$n = \frac{55}{3.551} = 15.49\%$$

Implementación de Hardware

según el diseño es requerido unas fuentes de tensión autónoma la cual está constituida por un panel solar, el mismo que está conectada al controlador solar, y este a su vez está conectado a una batería de 12 voltios de 18 Ah, lo que hace el controlador es proteger nuestra batería evitando sobre cargar y alertarnos cuando la batería está a un nivel de carga baja y no cuenta con la respectiva generación de energía por del panel solar, en la salida de 12V tenemos conectado un inversor el cual convierte de 12V DC a 220 VAC, para alimentar los respectivos equipos electrónicos, también la solución podría estar dada con una fuente de 12V con convertidor a 5 V el cual me alimente a los equipos electrónicos, pero si bien es cierto que este módulo está destinado para estaciones no solamente urbanas sino rurales es necesario conectar otros equipo que funcionan con 220VAC como se muestra en la Figura 27.



Figura 27. Alimentación Energía Solar

Ensamblaje en tablero electrónico

El Tablero electrónicos este compuesto básicamente por lo explicado en el ítem anterior como se muestra en la Figura 27 y el cual alimenta a la placa electrónica Raspberry PI y posiblemente otros equipos electrónicos que el operador podrá conectar al monitorear.

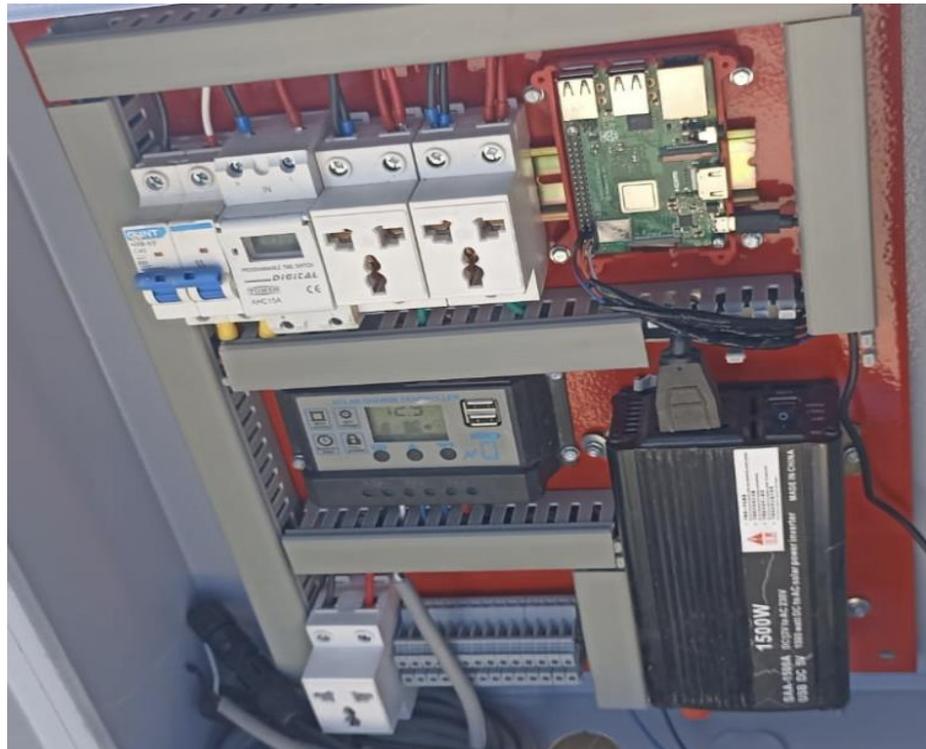


Figura 28. Tablero electrónico con los componentes respectivos

Tabla 9
Componentes internos

Item	Detalle	Cant
01	Interruptor termomagnético	01
02	Timer Digital	01
03	Enchufe para Riel Din	03
04	Raspberry PI 3b	01
05	Controlador Solar	01
06	Batería	01
07	Inversor	01

Tabla 10
Componentes Materiales

Item	Detalle	Cant
01	Riel DIN	01
02	Canaletas Ranurada	01
03	Cable	03 metros
04	Terminales	50

3.5.2. Monitoreo mediante web y en tiempo real

Como parte de la implementación del módulo primero tendremos que diseñar la topología de conexión par que los datos adquiridos por el sensor envíe a nuestra base de datos constantemente y en tiempo real.

Firestore Realtime Database

Mediante la plataforma creada por Google podremos almacenar nuestros datos, se decidió por Firestore porque tenemos grandes potencialidades en cuanto a datos en Tiempo Real y la seguridad que te brinda Google.

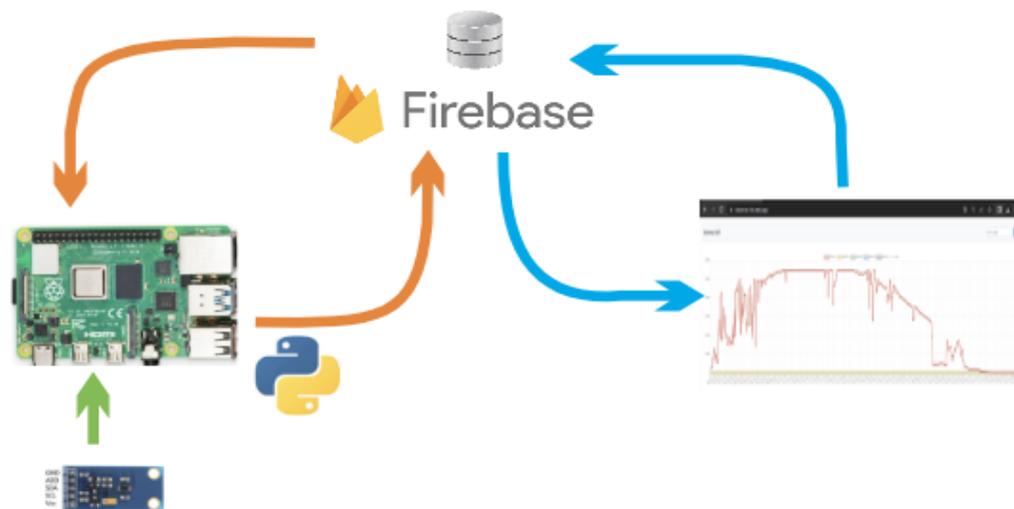


Figura 29. Tipo de interacción con Firestore

3.5.3. Contraste datos adquiridos de heliógrafo con módulo de monitoreo

Para la contrastar los datos adquiridos del Heliógrafo con el módulo de monitoreo propuesto se procedió a solicitar las tarjetas graduadas del heliógrafo del SENAMHI específicamente de la estación meteorológica Puno, para lo cual primero analizaremos las tarjetas graduadas y después consolidaremos la información almacenara en el Firestore, ambos equipos están desarrollados con el mismo fin de adquirir las horas de luz solar durante el día.

Tabla 11

Resumen de Horas Sol de Tarjetas graduadas

Fecha	Horas (Heliógrafo)
17-Jul	10:05:00
18-Jul	07:10:00
19-Jul	08:20:00
20-Jul	09:50:00
21-Jul	10:00:00

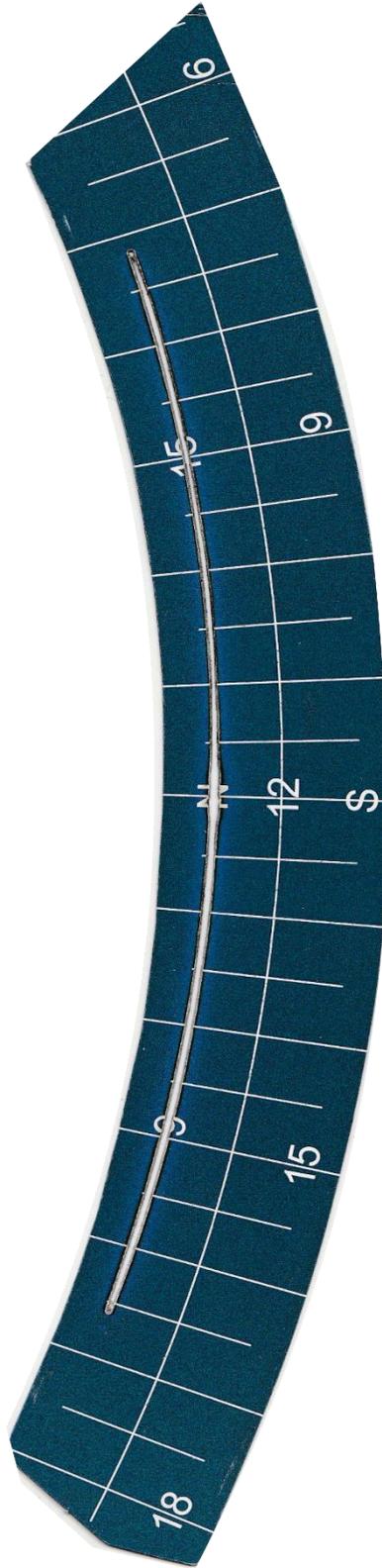


Figura 30. Tarjeta Graduada del 17 de Julio del
2022

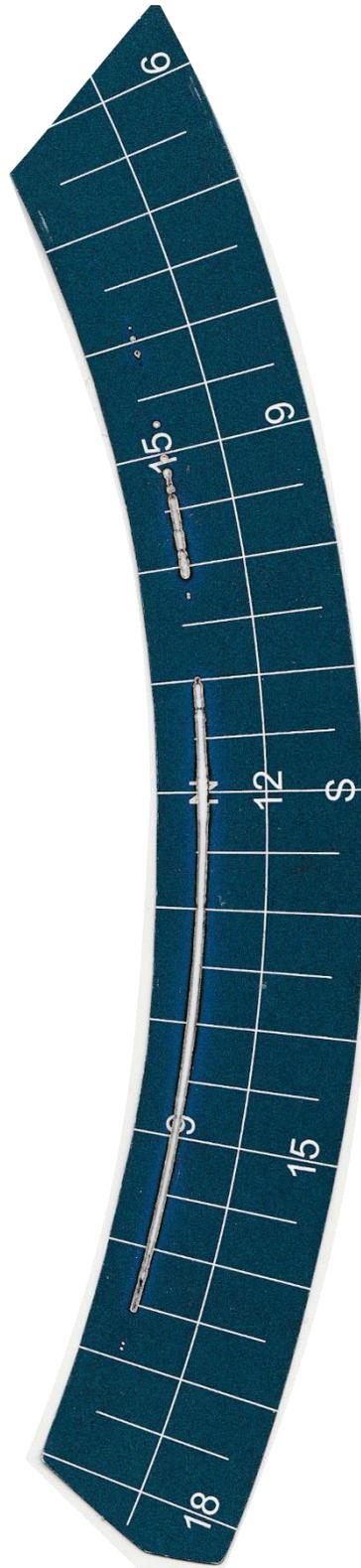


Figura 31. Tarjeta Graduada del 18 de Julio del
2022



Figura 32. Tarjeta Graduada del 19 de Julio del
2022

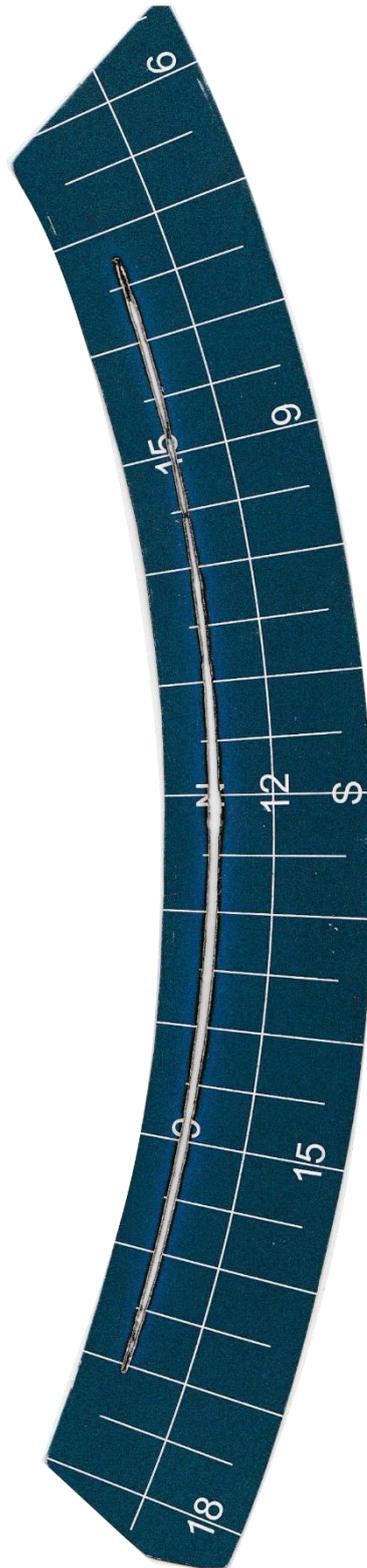


Figura 33. Tarjeta Graduada del 20 de Julio del
2022

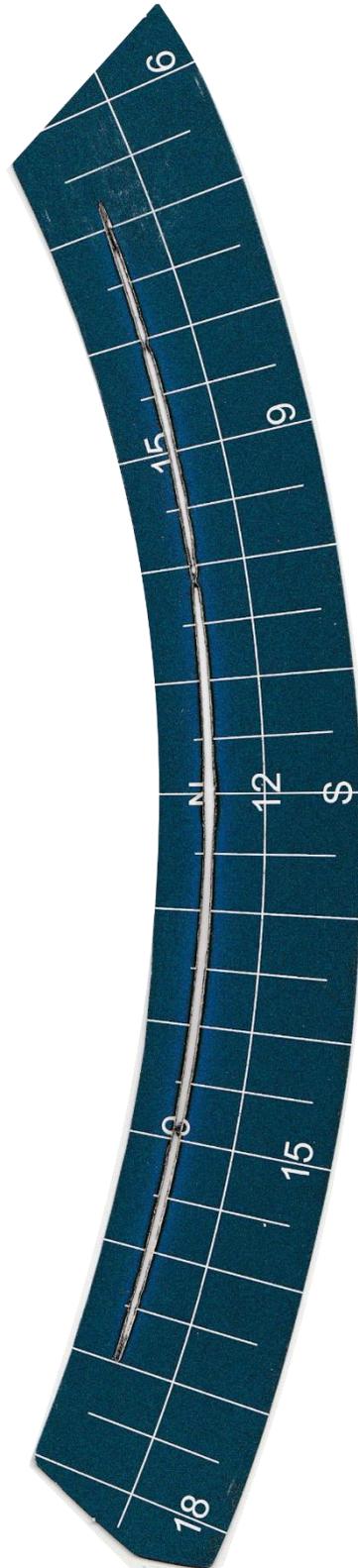


Figura 34. Tarjeta Graduada del 21 de Julio del
2022

Por otro lado, tenemos los datos almacenados mediante el módulo de monitoreo propuesto, en el cual los valores máximos y mínimos de los 2429 datos adquiridos desde el 17 al 21 de Julio, se tiene el resumen en la Tabla 12, así como el detalle de la cantidad de datos sé que obtuvieron por fechas específicas la variación de cantidades de datos adquiridos es por el rango de minutos de lectura de datos

Tabla 12
Resumen valores máximos y mínimos adquiridos

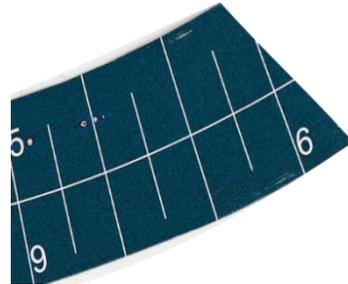
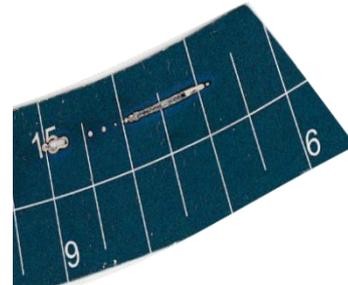
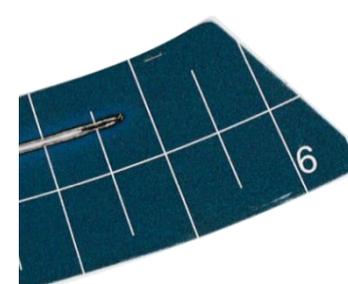
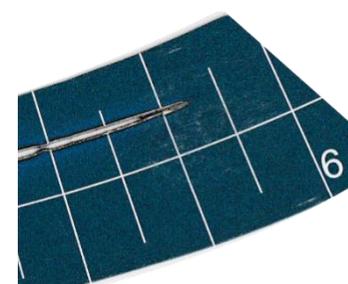
Fecha	Datos Decimal
Máximo Valores obtenidos	54612.5
Mínimo Valores Obtenidos	0.0

Tabla 13
Detalle de cantidad de datos adquiridos por fechas

Fecha	Cantidad de Datos adquiridos
17 Julio	182
18 Julio	355
19 Julio	916
20 Julio	475
21 Julio	501

Según la características técnicas del sensor según el fabricante el valor mínimo y máximo es 0 y 65536 porque es un sensor con un amplio rango de resolución de 16 bit y salida en valores de Lux, para considerar en el módulo desde que valores considerar como presencia de luz solar se realizara un a comparación de los días y en las horas que comenzó a trazar su paso la quemadura en la tarjeta graduada para considerar el umbral así tenemos en la Tabla 13, consideraremos el valor mínimo que comenzó a trazar el sol su paso por las tarjetas graduadas del heliógrafo así tenemos el valor redondeando de 10124

Tabla 14
Detalle de cantidad de datos adquiridos por fechas

Fecha	Hora	Valores de Modulo de monitoreo	Tarjetas Graduadas
17 Julio	07:01:05	15365.00	
18 Julio	08:03:31	15245.00	
19 Julio	07:01:19	14970.83	
20 Julio	07:13:56	17815.00	
21 Julio	07:06:11	10124.17	



Así tenemos que en las fechas y considerando el valor mínimo de 10124 para discriminar la presencia o no de luz solar según referencia a lo adquirido por heliógrafo tenemos horas de luz solar por el módulo de monitoreo.

Tabla 15
Resumen de Horas Sol Modulo

Fecha	Horas Sol Modulo Monitoreo
17 Julio	09:35:35
18 Julio	08:32:27
19 Julio	08:09:35
20 Julio	09:38:27
21 Julio	09:36:34

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Módulo de Monitoreo en estación meteorológica Puno

El módulo de monitoreo funciona correctamente dentro de la estación de meteorología Puno, no presente problemas con la alimentación eléctrica la estructura y demás cumple su función de proteger el módulo de monitoreo.



Figura 35. Soporte metálico con tablero Electronico

Para que los datos sean los más precisos posibles el módulo se instaló contiguo al heliógrafo de tal manera que la variación en adquirir los datos sean los más similares posibles y en condiciones similares en cuanto a la ubicación como visualizamos en la Figura 36



Figura 36. Módulo de monitoreo contigua a Heliógrafo



Figura 37. Módulo de monitoreo contigua a Heliógrafo vista Frontal

4.2. Monitoreo en tiempo real

El monitoreo de los datos adquiridos se visualiza mediante <https://sistemas-iot.web.app/> que está disponible para cualquier persona que quiera analizar dichos datos así tenemos en la Figura 38, 39, 40, 41y 42 los datos adquiridos en los 5 días de monitoreo.

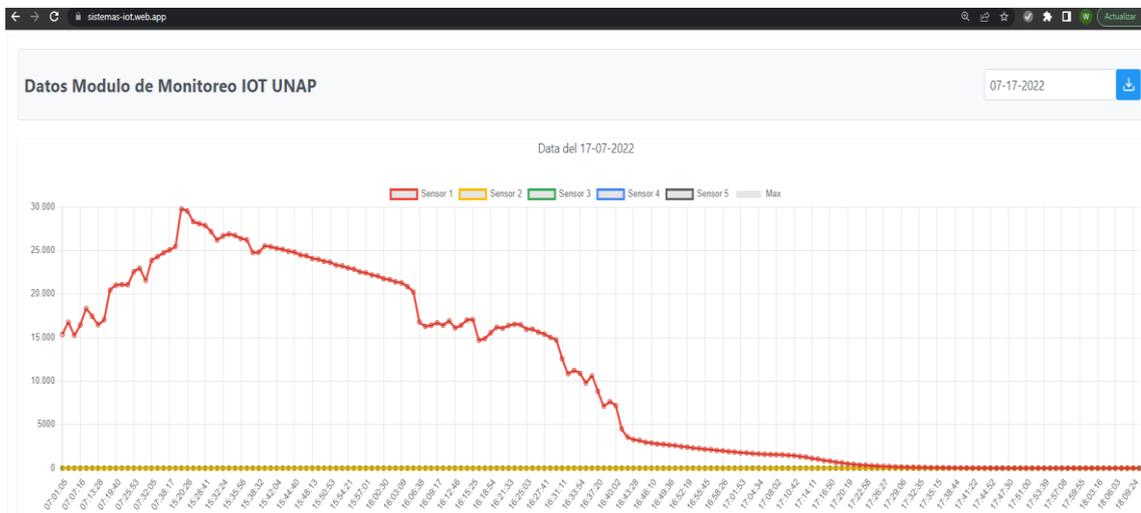


Figura 38. Datos del 17 de Julio del 2022



Figura 39. Datos del 18 de Julio del 2022



Figura 40. Datos del 19 de Julio del 2022



Figura 41. Datos del 20 de Julio del 2022

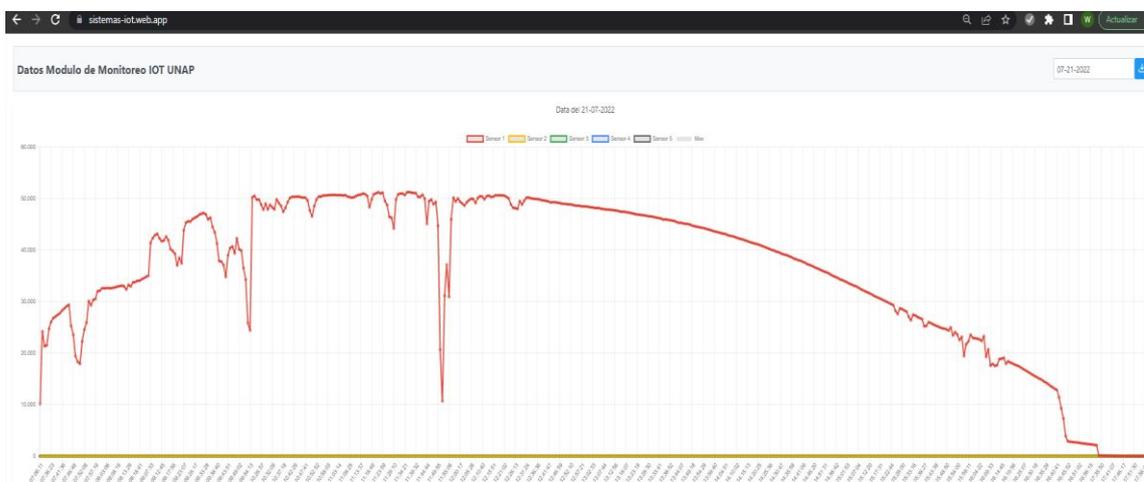


Figura 42. Datos del 21 de Julio del 2022

Dichos datos también pueden ser descargados mediante el histórico de datos los cuales son adquiridos de los datos almacenados en FIREBASE.

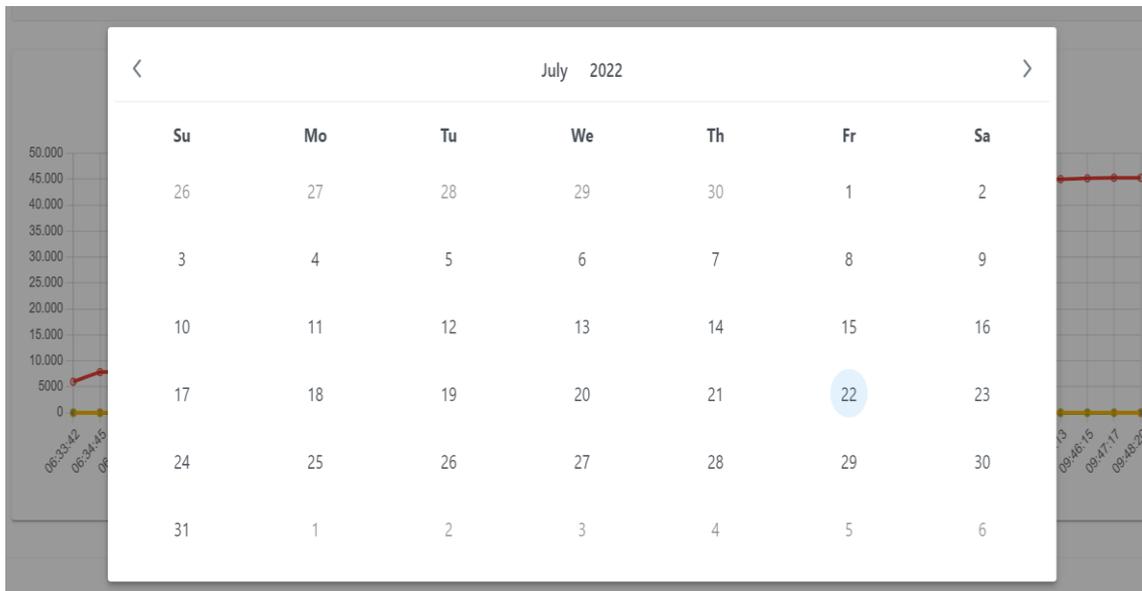


Figura 43. Datos Históricos

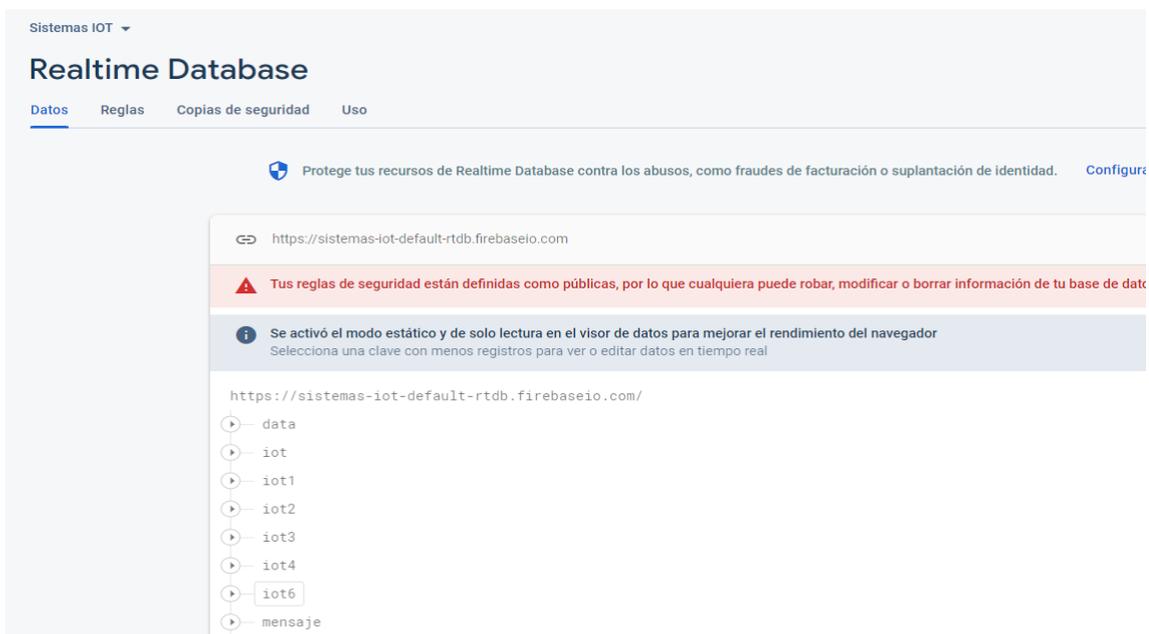


Figura 44. Datos en Firebase

4.3. Contraste de datos adquiridos de heliógrafo con módulo de monitoreo

4.3.1. Contraste de datos.

El contraste se realizará con datos obtenidos por heliógrafo que según las tarjetas graduadas se estimó la cantidad de horas según el trazo producido por la

quemadura del sol, así también se tiene los datos adquiridos por el módulo de monitoreo de luz solar.

Tabla 16
Resumen de Horas Sol

Días	Horas Heliógrafo	Horas Modulo Solar
17-Jul	10.08	9.58
18-Jul	7.17	8.53
19-Jul	8.33	8.15
20-Jul	9.83	9.63
21-Jul	10.00	9.60

4.3.1.1. Planteamiento de Hipótesis

H_0 : Hipótesis de interés o Hipótesis nula, donde no se rechaza que los datos adquiridos de heliógrafo con módulo de monitoreo propuesto después de contrastar que ambos que sean similares.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

H_1 : Hipótesis alterna, donde se rechaza que los datos adquiridos de heliógrafo con módulo de monitoreo después de contrastar que ambos sean similares.

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

4.3.1.2. Nivel de significancia

Para el nivel de significación lo definiremos al 95%, por lo cual tendremos que $\alpha = 5\%$.

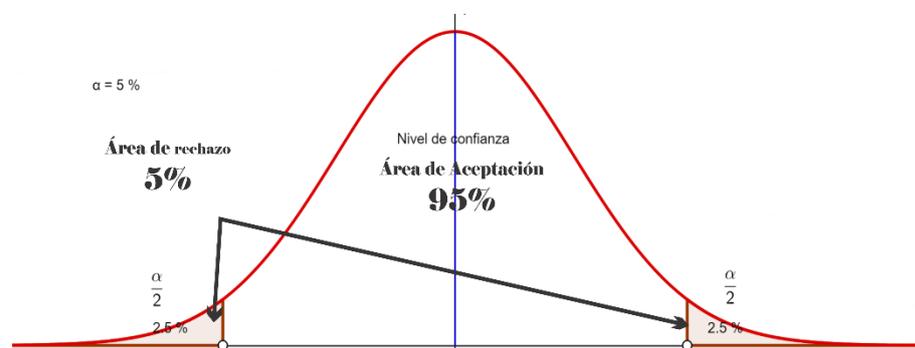


Figura 45. Nivel de significancia

Fuente: Adaptado de Nivel de significación y valores críticos, por GeoGebra (2019).

4.3.1.3. Condiciones.

Si $|t| < |t_{v_{critico}}|$, no se rechaza la hipótesis nula H_0 y se rechaza la hipótesis alterna H_1 .

Si $\alpha < p$, no se rechaza la hipótesis nula H_0 y se rechaza la hipótesis alterna H_1 .

4.3.1.4. Prueba Estadística

Son muestras independientes ya que la tarjeta graduada obtiene los datos del trazo debido a la quemadura provocada por el paso del sol y el módulo de monitoreo obtiene datos a partir de la variación de la luz solar en lux, que suponen resultados similares.

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_C^2}{n_1} + \frac{S_C^2}{n_2}}}$$

Donde:

\bar{X}_1, \bar{X}_2 = Promedio del grupo 1 (Horas en un día adquirido Heliógrafo) y 2 (horas en un día adquirido de modulo propuesto), respectivamente.

n_1, n_2 = Cantidad de datos del grupo 1 y 2, respectivamente.

S_C^2 = Varianza común.

Donde los promedios del grupo uno y dos son los siguientes:

$$\bar{X}_1 = 9.08$$

$$\bar{X}_2 = 9.10$$

La Cantidad de datos del grupo uno y dos:

$$n_1 = 5 \text{ y } n_2 = 5$$

Necesitamos hallar la varianza común para ello aplicaremos la siguiente formula.

$$S_C^2 = \frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{(n_1+n_2-2)}$$

Donde:

S_1^2 : Varianza grupo uno.

S_2^2 : Varianza grupo dos.

$$S_C^2 = \frac{(4)S_1^2 + (4)S_2^2}{(8)}$$

$$S_1^2 = 1.659722222 \quad y \quad S_2^2 = 0.497916667$$

$$S_C^2 = 1.078819444$$

Hallamos t reemplazando los valores.

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_C^2}{n_1} + \frac{S_C^2}{n_2}}}$$

$$t = -0.025371396$$

Grados de Libertad: Hallamos t reemplazando los valores.

$$gl = (n_1 + n_2 - 2)$$

$$gl = 8$$

Valor Crítico de t:

$$t_{Vcritico} = t_{(1-\frac{\alpha}{2}), (n_1+n_2-2)} = 2.306004135$$

$$Valor\ Crítico\ de\ t = 2.306004135$$

Valor Probabilístico para dos colas:

$$P = 0.98038018$$

Tabla 17

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	Horas heliógrafo	Horas modulo solar
Media	9.08333333	9.1
Varianza	1.65972222	0.49791667
Observaciones	5	5
Varianza agrupada	1.07881944	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	-0.0253714	
P(T<=t) dos colas	0.98038018	
Valor crítico de t (dos colas)	2.30600414	
Nivel de Confianza	95%	



Entonces:

$|t| < |t_{v_{critico}}| \leftrightarrow 0.025371396 < 2.306004135$, esto también nos indica que está dentro del área de aceptación por ello se concluye, que no se rechaza la hipótesis nula H_0 , es así que los datos adquiridos de heliógrafo con módulo de monitoreo propuesto después de contrastar ambos son similares, para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confianza del 95%.

Así también se tiene que $\alpha < p \leftrightarrow 0.05 < 0.98038018$, entonces que no se rechaza la hipótesis nula H_0 , es así que los datos adquiridos de heliógrafo con módulo de monitoreo propuesto después de contrastar ambos son similares, para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confianza del 95%.

CONCLUSIONES

El módulo de monitoreo mediante el diseño propuesto se logró implementar, también se logró adquirir los datos en lux mediante el sensor BH1750 y el Raspberry PI 3B+ los cuales tienen energía constante producida por el sistema de generación fotovoltaica.

Mediante Firebase, con sus herramientas de Real Time se logró visualizar los datos respectivos, almacenarlos y mediante el <https://sistemas-iot.web.app/> da la posibilidad de acceder a los datos históricos, así como al monitoreo en tiempo real.

Mediante la prueba de T Student, se concluye que no se rechaza la hipótesis nula H_0 , es así que los datos adquiridos de heliógrafo con módulo de monitoreo propuesto después de contrastar ambos son similares, para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confianza del 95%.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a investigadores con trabajos similares considerar un equipo multidisciplinario, el mismo que pueda dar una mayor visión del problema a estudiar y poder plantear mejores alternativas para contribuir con una mejor solución, para la presente investigación se tuvo que indagar y preguntar. Incluso para la misma implementación del módulo en la parte mecánica se presentó muchas deficiencias para su implementación la misma que hubiera sido muy recomendable tener a un mecánico o mecatrónico quien pueda contribuir con un diseño más óptimo para la estructura que soporta el módulo.

Se recomienda optar por alternativas en cuanto a Internet de las Cosas, ya que presentan un avance exponencial en los últimos años, así como nuevas alternativas que pueden solucionar diversas problemáticas que anteriormente era complejas. Así actualmente tenemos muchas herramientas las cuales se pueden aprovechar para tener aplicaciones más robustas y seguras, el uso de Firebase como contenedor de la información fue crucial para la implementación y visualizar los datos en Tiempo Real.

Se recomienda la interacción estado y academia para poder contribuir con la sociedad, al implementar el presente proyecto para las pruebas nos facilitó en gran medida la apertura brindada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) – Puno,

BIBLIOGRAFÍA

- Abelectronics. (2020). *I2C Switch*.
<https://www.abelectronics.co.uk/forums/thread/345/i2c-switch>
- Alonso, J. (2006). *Célula Fotovoltaica: Tipos y Estructura*. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/celula-fotovoltaica-tipos-y-estructura/>
- Altronics. (2021). *Módulo Sensor de Luz BH1750*. <https://altronics.cl/modulo-gy-302-bh1750>
- Alves, J., Beserra, M., & Cardoso, A. (2015). Duración de brillo solar obtenido por diferentes sensores. *Agrometeorología no século 21*, 7(1), 37–72.
https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civil_wars_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625
- Aquino, E. (2017). *Determinación de la Energía Solar para el Diseño Bioclimático de Viviendas en la Ciudad de Juliaca Región Puno*.
- AreaTecnologica. (2020). *Inclinación, Orientación y Sombras en Fotovoltaica. Cálculo de Pérdidas*. <https://areatecnologia.com/electricidad/perdidas-fotovoltaica.html>
- Aristizabal, A., & Nieves, J. (2013). *Implementación de un Prototipo de Sistema Fotovoltaico Autónomo: Construcción, Caracterización y Monitoreo*. *October 2013*, 6.
https://www.researchgate.net/publication/275024730_Implementacion_de_un_Prototipo_de_Sistema_Fotovoltaico_Autonomo_Construccion_Carcterizacion_y_Monitoreo
- Arizaca, J. (2013). *Efectos del Cambio Climático en la Producción de Cultivos en la Vertiente del Lago Titicaca*.
- BP, S., & JMT, D. (2019). Estudio y concepcion de un Heliógrafo. *Sinprovs*, 2–6.
- Bugeados. (2020). *¿Cuál es el consumo de una Raspberry Pi 3/4?*
<https://bugeados.com/raspberry/cual-es-el-consumo-de-una-raspberry-pi-3-4/>
- Cardenas, A., Portal, J., Sosa, R., & Santana, I. (2019). Diseño de aplicación IoT para el monitoreo de casas de cultivo. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 12(11), 27–38.
- Cebek. (2019). *Fotorresistencia LDR, datasheets*. <https://www.electan.com/>
- Chacon, M. (2015). *Efecto de la Variabilidad Climática en la Disponibilidad de los*

Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Huancané.

- Chaiña, J. (2018). Factores Socioeconómicos, Ambientales y Situación del Abastecimiento de Agua para Consumo Humano en el Centro Poblado de Accaso del Distrito de Pilcuyo Puno. [UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO]. En *Escuela de Posgrado UNA - Puno*. http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2383/Oblitas_Huayllapuma_Elizabeth_Quinto_Apaza_Deyse.pdf?sequence=1
- COMPIC. (2021). *Sensores*. <https://www.compic.es/50-sensores>
- Datademia. (2021). *¿Qué es Python?* <https://datademia.es/blog/que-es-python>
- Datos, S. (2019). *Dirección de Redes de Observación y Datos Senamhi*. Dirección de Redes de Observación y Datos
- Datosmundial. (2019). *DatosMundial: El mundo en números*. <https://www.datosmundial.com/>
- Digital55. (2020). *Firebase: qué es*. <https://digital55.com/que-es-firebase-funcionalidades-ventajas-conclusiones/>
- Evans, D. (2011). *The Internet of Things: How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything*.
- Firebase. (2020). *Documentación Firebase*. <https://firebase.google.com/docs>
- García, F. (2018, enero 5). *¿Qué es un lux?* <https://www.iluminet.com/que-es-un-lux/>
- GeoGebra. (2019). *Nivel de significación y valores críticos en $N(0, 1)$* . <https://www.geogebra.org/m/Sjky5JFH>
- Globalsolaratlas. (2020). *Global Photovoltaic Power Potential by Country*. <https://globalsolaratlas.info/global-pv-potential-study>
- GoogleMaps. (2022). *Estación meteorológica Puno*. <https://www.google.com/maps/@-15.8686875,-70.0145854,15z>
- Iaarbook. (2020). *Internet de las cosas - Libro online de IAAR*. <https://iaarbook.github.io/internet-de-las-cosas/#que-es-la-internet-de-las-cosas>
- Latorre, M. (2018). *Historia de las Web*.
- Ledbox. (2015, agosto 14). *Diferencias entre lumens y luxes*. <https://blog.ledbox.es/informacion-led/diferencias-entre-lumens-y-luxes>
- LedTecnología. (2017, agosto 16). *Diferencias entre Lumens y Luxes*. <https://www.ledtecnologia.com/diferencias-entre-lumens-y-luxes/>
- Llamas, L. (2016). *luxómetro BH1750*. <https://www.luisllamas.es/medir-cantidad-de-luxes-con-arduino-y-el-luxometro-bh1750/>

- López, A. (2004). *Evaluación de la Operación, Mantenimiento y confiabilidad de Heliógrafos de Fabricación Local*.
- Müller, A. (2013). *Heliógrafos tipo Campbell-Stokes*. <http://www.rfuess-mueller.de/241-0S.pdf>
- Naciones Unidas. (2022). *Cambio climático - Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>
- NODE-RED. (2020). *Node-RED*. https://www.pickdata.net/es/noticias/node-red-programacion-visual-iot?gclid=CjwKCAjw7SWBhAnEiwAx8ZLanGbiq99bPuiRzuU-A-I8Mlpud3cdnDnqGLmzqgxcY73oaRfOTicRoCaIEQAvD_BwE
- Núñez, L. (2014). *Nociones básicas de la luz- Universidad Veracruzana*. Comunicación audiovisual. <https://www.uv.mx/personal/lenunez/files/2013/06/luz.pdf>
- Opalux. (2022). *FICHA TECNICA DH1218*.
- Osinergmin. (2019). Energías Renovables: Experiencia y Perspectivas en la Ruta del Perú Hacia la Transición Energética. En *Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería*. https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf
- Pizano, R. (2016). *Determinación de Frecuencias de Sequía en la Provincia de Puno con Fines de Planeamiento del uso de Recursos Hídricos*.
- Planas, O. (2016). *Tipos de células fotovoltaicas*. <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/panel-fotovoltaico/celula-fotovoltaica/tipos>
- Polo, C., Torres, H., Ríos, J., Bernabé, R., & De La Gala, A. (2017). Diseño, Construcción y Sistematización de una Estación Meteorológica de Registro Automático y Procesamiento de tres Parámetros Usando Hardware Libre. *XXIV Simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente (XXIV-SPES)*, 14(7), 20–32. <https://rmlconsultores.com/revista/index.php/>
- ProSoft. (2020a). *ioBroker*. <https://progsoft.net/es/software/iobroker>
- ProSoft. (2020b). *iot-dashboard*. <https://progsoft.net/es/software/iot-dashboard>
- PVGIS. (2022). *JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission*. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
- Python. (2019). *El tutorial de Python*. <https://docs.python.org/es/3/tutorial/>
- RAE. (2019). *Monitorear*. <http://lema.rae.es/dpd/srv/search?id=79HjiY8E1D68S0oGfe>

- RaspberryPi. (2019). *Raspberry Pi*. <https://www.raspberrypi.com/>
- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). (2019). *Norma Em.010 Instalaciones Electricas Interiores*. 1–17. https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/04_EM/2019_EM010_RM-083-2019-VIVIENDA.pdf
- Rodrigues, M., Contes, M., & Dal, A. (2019). Automação do processo de contagem das horas de brilho solar. *Escola Nacional de Administração Publica*, 1–21.
- Rodríguez, C. (2013). *Sistema Automático de Monitoreo Remoto de Variables Meteorológicas* [Instituto Politecnico Nacional]. <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/12211>
- Rodriguez, E. (2020). *un repaso a las principales placas*. <https://www.xataka.com/seleccion/que-modelo-raspberry-pi-comprar-repaso-a-principales-placas-proyectos-habituales-para-dar-mejor>
- Rodríguez, L. (2015). *Utilización de la Cámara Plenóptica como sensor de frente de onda para Óptica Adaptiva en Astrofísica*.
- Rodríguez, M. (2018). *Diseño y Construcción del Prototipo de un Sistema de Adquisición, Transmisión y Visualización de Datos Hidrometeorológicos*.
- Román, M. (2011). *Diseño y Construcción de un Prototipo Mecatrónico para Medir y Registrar la Precipitación Pluvial y su pH*.
- Ruiz, D., Vides, C., & Pardo, A. (2018). Monitoreo de variables meteorológicas a través de un sistema inalámbrico de adquisición de datos. *Revista De Investigación, Desarrollo E Innovación*, 8(2), 333. <https://doi.org/10.19053/20278306.v8.n2.2018.7971>
- Salas, S. (2015). Todo sobre sistemas embebidos. En *Todo sobre sistemas embebidos* (p. 1–48). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas UPC. <https://doi.org/10.19083/978-612-318-033-1>
- Sampieri, R. H., & Collado, C. F. (2010). *Metodología de la investigación*. <http://www.academia.edu/download/38911499/Sampieri.pdf>
- Senamhi. (2019). *SENAMHI - Perú*. <https://senamhi.gob.pe/?&p=descarga-datos-hidrometeorologicos>
- Senamhi. (2022). *Datos Meteorológicos en Puno*. <https://www.senamhi.gob.pe/servicios/main.php?dp=puno&p=descarga-datos-meteorologicos>
- Serna, A., Ros, F., & Rico, J. (2010). *Guía Práctica de Sensores*. Creaciones Copyright.



- Silberschatz, A., Korth, H., & Sudarshan, S. (2002). Fundamentos de bases de datos. En *Victoria*.
- Silva, A., Ceballos, J., De Souza, J., & Lima, M. (2011). *Analysis of Daily Sunshine Duration by Heliograph , Equivalent Pirheliometer and Satellite in Maceio, AL. 2, 2–7.*
- Upton, E., & Halfacree, G. (2012). Raspberry Pi User Guide. En *Wiley Acknowledgements*.
- Vargas, S., Ledeneva, Y., García, R., Portillo, O., & Martínez, R. (2016). Arquitectura de una red de estaciones meteorológicas controladas remotamente en tiempo real. *Coloquio de Investigación Multidisciplinaria, March 2018.*
- Vidal, M. (2014). *Sistema de Sensado Remoto para la Medición de Variables Ambientales.* 79.
<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/41561/1/VidalCrisantoMariaConcepcion.pdf>
- Warahouse. (2019). *3D Warehouse.* <https://3dwarehouse.sketchup.com/>
- Wikiwand. (2018). *Lux.* <https://www.wikiwand.com/es/Lux>
- Wni. (2019). *El nuevo estándar inalámbrico 802.11ac.*
https://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=75:80211ac&catid=31:general
- ZTE PERU. (2022). *ZTE MIFI MF 920U.* <https://zte.pe/producto/zte-mifi-mf-920u/>

ANEXOS

Anexo 1. Batería de Plomo Acido

OPALUX

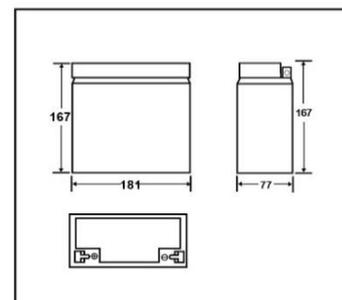
BATERIA DE PLOMO ACIDO

FICHA TECNICA

DH-1218

Especificaciones Técnicas:

Voltaje nominal	12	V
Capacidad en 20h	18	A
Capacidad en 10h	16.7	A
DIMENSIONES		
Altura total (con terminales)	167 (±2)	mm
Largo	181 (±2)	mm
Ancho	77 (±2)	mm
Alto	167 (±2)	mm
Peso (aproximado)	4.85	kg
TERMINAL		
Cu / Ag	11.9	mm
MATERIAL CONTENEDOR		
Estándar	ABS	
RESISTENCIA INTERNA		
Batería cargada (25°C)	16mΩ	
CAPACIDAD RESIDUAL ALMACENAMIENTO (25°C)		
Después de 3 meses	91%	
Después de 6 meses	82%	
Después de 12 meses	64%	
TENSION DE CARGA		
En flotación (25°C)	13.6-13.8	V
En uso cíclico (25°C)	14.5-14.9	V
ADVERTENCIA Y RECOMENDACIÓN DE SEGURIDAD		
Puede ser instalada y operar en cualquier posición excepto constantemente invertida.		
Las baterías liberan hidrogeno, gas altamente volátil. No instalar en contenedores sellados.		
Terminado el ciclo de vida de la batería debe ser reciclada siguiendo las regulaciones y leyes locales.		
Cada celda tiene una válvula de ventilación de baja presión para permitir la ventilación de gases.		



CERTIFICACIONES

ISO 9001
ISO 1401
OHSMS



Anexo 2. Hoja Técnica BH1750



Ambient Light Sensor IC Series
Digital 16bit Serial Output Type
Ambient Light Sensor IC



BH1721FVC

No.11046EBT10

● **Descriptions**

BH1721FVC is an digital Ambient Light Sensor IC for I²C bus interface. This IC is the most suitable to obtain the ambient light data for adjusting LCD and Keypad backlight power of Mobile phone. It is possible to detect wide range at High resolution. (1 - 65528 lx).

● **Features**

- 1) I²C bus Interface (f / s Mode Support, Slave Address : "0100011")
- 2) Spectral responsibility is approximately human eye response
- 3) Illuminance to Digital Converter
- 4) Wide range and High resolution. (1 – 65528 lx)
- 5) Low Current by power down function
- 6) 50Hz / 60Hz Light noise reject-function
- 7) 1.8V Logic input interface
- 8) No need any external parts
- 9) Light source dependency is little. (ex. Incandescent Lamp, Fluorescent Lamp, Halogen Lamp, White LED, Sun Light)
- 10) Small measurement variation (+/- 15%)
- 11) Compact surface mount package 1.6 x 1.6 x 0.55 mm

● **Applications**

Mobile phone, LCD TV, NOTE PC, Portable game machine, Digital camera, Digital video camera, PDA, LCD display

● **Absolute Maximum Ratings**

Parameter	Symbol	Ratings	Units
Supply Voltage	Vmax	4.5	V
Operating Temperature	Topr	-40~85	°C
Storage Temperature	Tstg	-40~100	°C
SDA Sink Current	I _{max}	7	mA
Power Dissipation	Pd	165 [※]	mW

※70mm × 70mm × 1.6mm glass epoxy board. Derating is done at 2.2mW/°C for operating above Ta=25°C.

● **Operating Conditions**

Parameter	Symbol	Ratings			Units
		Min.	Typ.	Max.	
VCC Voltage	Vcc	2.4	3.0	3.6	V
I ² C Reference Voltage	V _{ovi}	1.65	-	Vcc	V

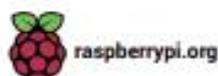
Anexo 3. Hoja Técnica Raspberry PI 3B+

Raspberry Pi 3 Model B+

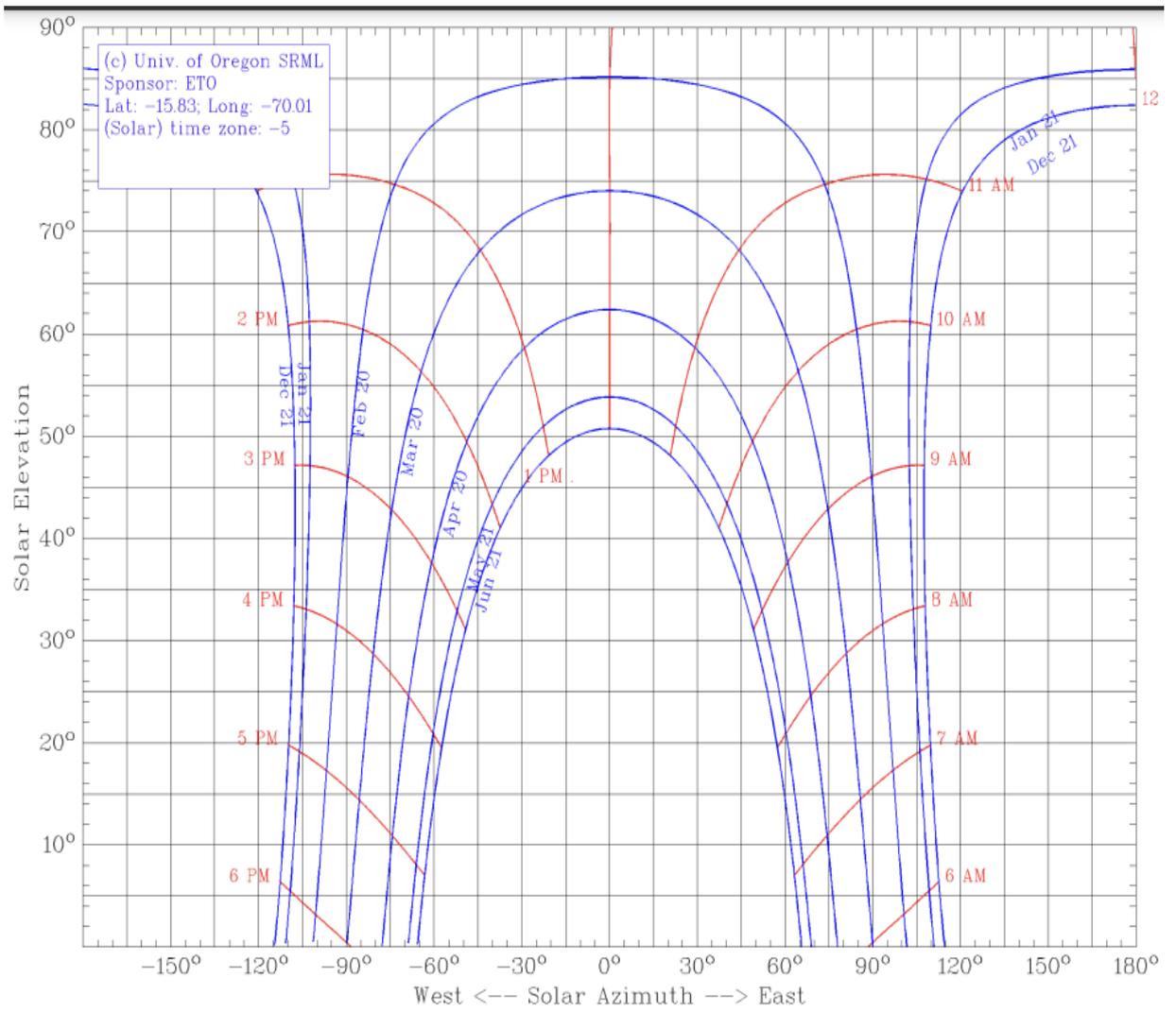
2

Specifications

Processor:	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit SoC @ 1.4GHz
Memory:	1GB LPDDR2 SDRAM
Connectivity:	<ul style="list-style-type: none">■ 2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 4.2, BLE■ Gigabit Ethernet over USB 2.0 (maximum throughput 300Mbps)■ 4 × USB 2.0 ports
Access:	Extended 40-pin GPIO header
Video & sound:	<ul style="list-style-type: none">■ 1 × full size HDMI■ MIPI DSI display port■ MIPI CSI camera port■ 4 pole stereo output and composite video port
Multimedia:	H.264, MPEG-4 decode (1080p30); H.264 encode (1080p30); OpenGL ES 1.1, 2.0 graphics
SD card support:	Micro SD format for loading operating system and data storage
Input power:	<ul style="list-style-type: none">■ 5V/2.5A DC via micro USB connector■ 5V DC via GPIO header■ Power over Ethernet (PoE)-enabled (requires separate PoE HAT)
Environment:	Operating temperature, 0–50°C
Compliance:	For a full list of local and regional product approvals, please visit www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b+
Production lifetime:	The Raspberry Pi 3 Model B+ will remain in production until at least January 2023.



Anexo 4. Carta Solar Perú



Anexo 5. Código en Python para adquirir y enviar datos a Firebase

```
#!/usr/bin/python
import smbus
import time
import sys
from time import sleep
from datetime import datetime
import signal
from threading import Thread
import firebase_admin

from firebase_admin import credentials
from firebase_admin import db

i=0
PAHT_CRED = '/home/pi/iot/cred.json'
URL_DB = 'https://sistemas-iot-default-rtdb.firebaseio.com/'
cred = credentials.Certificate(PAHT_CRED)
firebase_admin.initialize_app(cred, {
    'databaseURL': URL_DB
})

res=db.reference('presicion')

DEVICE    = 0x23
POWER_DOWN = 0x00
POWER_ON   = 0x01
RESET     = 0x07
ONE_TIME_HIGH_RES_MODE = 0x20

bus = smbus.SMBus(1) # Rev 2 Pi uses 1

def convertToNumber(data):

    return ((data[1] + (256 * data[0])) / 1.2)

def readLight(addr=DEVICE):
    data = bus.read_i2c_block_data(addr,ONE_TIME_HIGH_RES_MODE)
    return convertToNumber(data)

def main():

    while True:
        print(str(readLight()))
        time.sleep(1)
        ref=db.reference('iot6'+ datetime.now().strftime('%d-%m-%Y'))
        data={
            'Hora': datetime.now().strftime('%H:%M:%S'),
```



```
'Sensor1': str(readLight()),  
'Sensor2': 0,  
'Sensor3': 0,  
'Sensor4': 0,  
'Sensor5': 0,  
'ValMax':0  
}  
  
res.get()  
ref.push(data)  
print(res.get())  
print("se envio")  
time.sleep(res.get())  
  
if __name__=="__main__":  
    main()
```

Nota: Código adaptado Community Forum I2C Switch,por Abelectronics, (2020)