

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA



TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
AUTOMATIZADO CON TELEMETRÍA PARA MEDIR,
REGISTRAR Y MONITOREAR RADIACIÓN SOLAR Y
TEMPERATURA, EN LA CIUDAD DE JAÉN - PERÚ

Autor : Bach. Cleyner Felipe Jiménez Díaz

Asesor : Ing. Walter Linder Cabrera Torres

JAÉN - PERÚ, AGOSTO DE 2020

ACTA DE SUSTENTACIÓN

El día 19 de agosto del año 2020, siendo las 9:00 horas, se reunieron en forma virtual (Google Meet) los integrantes del Jurado:

Presidente: **Mg. Ing. Jannier Alberto Montenegro Juárez**

Secretario: **Mg. Sc. Ing. Lenin Franchescoeth Núñez Pintado**

Vocal: **Mg. Ing. Jaime Odar Honorio Acosta**, para evaluar la Sustentación de:

() Trabajo de Investigación

(X) Tesis

() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO CON TELEMETRÍA PARA MEDIR, REGISTRAR Y MONITOREAR RADIACIÓN SOLAR Y TEMPERATURA, EN LA CIUDAD DE JAÉN – PERÚ”**, presentado por el Bachiller **CLEYNER FELIPE JIMÉNEZ DÍAZ** de la Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, de la Universidad Nacional de Jaén.

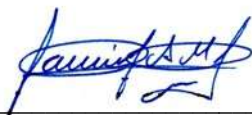
Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

(X) Aprobar () Desaprobar (X) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | (15) |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ò menos | () |

Siendo las 10:45 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.



Mg. Ing. Jannier Alberto Montenegro Juárez
Presidente Jurado Evaluador



Mg. Sc. Ing. Lenin Franchescoeth Núñez Pintado
Acosta

Secretario Jurado Evaluador



Mg. Ing. Jaime Odar Honorio

Vocal Jurado Evaluador

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a mis padres, Felipe Jiménez Godos y Laura Díaz Gonzales, por guiarme en mis estudios, por la dedicación y la paciencia con la que cada día se preocupaban en mi avance y desarrollo profesional; es simplemente único y genuino el soporte que he tenido de ellos para lograr este importante paso en mi vida.
¡Gracias!

ÍNDICE GENERAL

1.1 Antecedentes de la Investigación.....	1
1.2 Realidad problemática	3
1.3 Formulación Del Problema.....	4
1.4 Hipótesis	4
1.5 Alcance Teórico y Conceptual.....	4
1.5.1 La radiación solar	4
1.5.2 La constante solar.....	6
1.5.3 Propagación de la radiación solar en la superficie de la Tierra.....	7
1.5.4 La medición de la radiación solar y la temperatura	8
1.5.5 Aplicación de ingeniería para la medición solar y temperatura	8
1.5.6 Mapas de radiación solar del Perú y el mundo.....	11
II. OBJETIVOS	16
2.1. Objetivo General.....	16
2.2. Objetivos Específicos	16
III. MATERIAL Y MÉTODOS	17
3.1 Alcances Técnicos del Proyecto de Investigación.....	17
3.1.1 Ubicación del área de estudio.....	17
3.1.2 Variables de estudio	18
3.1.3 Diagrama de Procesos	19
3.2 Diseño del Sistema Automatizado con Telemetría.....	21
3.2.1 Instrumentos de Medición Solar	21
3.2.2 Equipamiento de la Unidad de Control.....	25
3.2.3 Equipamiento de Telemetría	28
3.2.4 Módulo de energía fotovoltaica.....	31
3.2.5 Sistema de Automatización y Monitoreo Web	38

3.3. Presupuesto de Inversión, Operación y Mantenimiento	41
3.3.1 Presupuesto de inversión.....	41
3.3.2 Presupuesto de operación y mantenimiento anual	43
3.4. Implementación del Sistema Automatizado con Telemetría	44
3.4.1 Diagrama de procesos	44
3.4.2 Procedimiento escrito de trabajo seguro	44
3.4.3 Matriz IPER-C.....	49
3.4.4 Instalación y configuración	51
3.5. Procesamiento y Visualización	62
IV. RESULTADOS	64
4.1. Implementación de la Estación de Medición Solar Jaén	64
4.2. Especificaciones técnicas de la estación de medición solar	65
4.3. Datos de radiación solar y temperatura.....	66
V. DISCUSIÓN	68
5.1 Del diseño e Implementación del Sistema	68
5.2 Comparación de Datos Meteorológicos.....	69
5.3 Comparación con los Antecedentes	73
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
6.1 Conclusiones	74
6.2 Recomendaciones	75
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Espectro de irradiación solar.	5
Figura 2. Distribución espectral de longitudes de onda en la zona visible.	6
Figura 3. Propagación de la radiación solar en la superficie de la Tierra.	7
Figura 4. Mapa de Energía Solar Incidente Diaria de mes de noviembre.	12
Figura 5. Interfaz web de Data Access Viewer, para búsqueda y descarga de datos.	14
Figura 6. Regiones con mayor Eficiencia Solar Fotovoltaica en el Perú.	15
Figura 7. Ubicación de estación de medición solar Jaén.	17
Figura 8. Diagrama de procesos.	19
Figura 9. Relación del espectro solar y la irradiancia.	21
Figura 10. Comparación de características técnicas de un piranómetro Clase A, B y C.	22
Figura 11. Piranómetro para medición de radiación global y difusa.	22
Figura 12. Termistor PT100.	24
Figura 13. Escudo de radiación solar para termistor RTD.	24
Figura 14. Registrador de datos CR300.	25
Figura 15. Cable Serial RS232 con terminal hembra-hembra	27
Figura 16. Software Loggernet para registrador de datos Campbell Scientific.	27
Figura 17. Modem Celular Industrial RUT955 - 4GLte.	28
Figura 18. Diferentes presentaciones de tarjetas SIM del mercado.	30
Figura 19. Logo de programa de protocolo OpenVPN.	30
Figura 20. Batería 12V/10Ah.	33
Figura 21. Panel solar monocristalino de 30W.	35
Figura 22. Controlador de carga CMP03-12V/3A.	37
Figura 23. Esquema de Instalación de la estación de medición solar Jaén.	38
Figura 24. Esquema de transmisión de datos por túnel VPN.	39
Figura 25. Visualización remota de datos en diferentes dispositivos.	39
Figura 26. Esquema de configuración del proceso automatizado de datos.	40
Figura 27. Verificación visual de sensor piranómetro.	51
Figura 28. Verificación visual de sensor de temperatura.	51
Figura 29. Instalación en base metálica de piranómetro.	52
Figura 30. Instalación en base metálica del sensor de temperatura.	52
Figura 31. Conexión del registrador de datos, transmisor RTD, estabilizador de voltaje y fusible.	53
Figura 32. Caja de equipos de automatización y telemetría, resistente para exteriores.	53
Figura 33. Condiciones ambientales en el punto de instalación.	54
Figura 34. Montaje de trípode de aluminio.	54
Figura 35. Montaje de panel solar de 50W.	55
Figura 36. Montaje del piranómetro.	55
Figura 37. Calibración del nivelador.	56

<i>Figura 38. Montaje de sensor de temperatura.</i>	56
<i>Figura 39. Montaje de caja y cableado de sensores.</i>	57
<i>Figura 40. Diagrama de conexión del piranómetro MS-40.</i>	58
<i>Figura 41. Diagrama de conexión del termistor MT-010 con transmisor RTD.</i>	58
<i>Figura 42. Esquema de comunicación de datos por VPN.</i>	59
<i>Figura 43. Captura de interfaz de software Loggernet.</i>	59
<i>Figura 44. Configuración Setup del registrador de datos.</i>	60
<i>Figura 45. Configuración Short Cut del registrador de datos.</i>	60
<i>Figura 46. Programación en CRBasic para lectura y registro de sensores.</i>	61
<i>Figura 47. Comunicación del registrador de datos con software Loggernet.</i>	62
<i>Figura 48. Directorio donde se guardan los datos descargados.</i>	62
<i>Figura 49. Gráficos de series de tiempo con Google Data Estudio.</i>	63
<i>Figura 50. Captura de la página web para monitoreo de la estación de medición solar.</i>	63
<i>Figura 51. Estación de Medición solar Jaén para irradiancia solar y temperatura.</i>	64
<i>Figura 52. Gráfico comparativo de irradiancia solar.</i>	70
<i>Figura 53. Gráfico comparativo de temperatura.</i>	72

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Distribución de la energía solar incidente en la Tierra.</i>	5
<i>Tabla 2. Ubicación geográfica, récord histórico y tipo de instrumento de medición de irradiación solar utilizados como estaciones base.</i>	13
<i>Tabla 3. Coordenadas de ubicación de estación de medición solar.</i>	17
<i>Tabla 4. Operacionalización de variables de estudio.</i>	18
<i>Tabla 5. Especificaciones técnicas – piranómetro MS-40.</i>	23
<i>Tabla 6. Especificaciones técnicas del termistor PT-100.</i>	25
<i>Tabla 7. Especificaciones técnicas del registrador de datos CR300.</i>	26
<i>Tabla 8. Especificaciones técnicas de un módem de Internet.</i>	29
<i>Tabla 9. Cuadro de carga de la estación solar EK0-J01.</i>	31
<i>Tabla 10. Cuadro comparativo de baterías de gel de 12V</i>	32
<i>Tabla 11. Cuadro de interpolación de capacidad para una batería de 12V</i>	33
<i>Tabla 12. Tabla de especificaciones para baterías solares, se muestra 2 opciones.</i>	34
<i>Tabla 13. Especificaciones técnicas del panel solar de 30W.</i>	36
<i>Tabla 14. Especificaciones técnicas del controlador de carga CMP03-12V/3A.</i>	37
<i>Tabla 15. Costo total de inversión del proyecto de estación de medición solar.</i>	41
<i>Tabla 16. Costo total de operación y mantenimiento anual, de estación de medición solar.</i>	43
<i>Tabla 17. Tabla de colores del cable del piranómetro MS-40</i>	58
<i>Tabla 18. Especificaciones técnicas del controlador de carga CMP03-12V/3A.</i>	65

<i>Tabla 19. Muestra de registro diario de la Estación de Medición Solar Jaén.</i>	66
<i>Tabla 20. Muestra del análisis de datos por día, para la Estación de Medición Solar Jaén.</i>	67
<i>Tabla 21. Muestra del análisis de datos por mes, para la Estación de Medición Solar Jaén.</i>	68
<i>Tabla 22. Cuadro comparativo de irradiancia solar.</i>	69
<i>Tabla 23. Cuadro comparativo de temperatura.</i>	71

RESUMEN

El impulso actual por la denominada Industria 4.0, acelera el desarrollo de la automatización y telemetría como principales herramientas de innovación tecnológica y transformación digital, para optimizar tiempo y recursos. Existen muchas estaciones de monitoreo de instrumentación recolectando datos manualmente que generan altos costos operativos. El presente informe, muestra resultados del diseño, implementación y operatividad de una estación de medición solar, instalado en la ciudad de Jaén. Está equipada con un sensor piranómetro MS-40 de clase C con un rango de medición de 0 a 2000W/m² y un sensor de temperatura tipo termocupla PT-100 con un transmisor RTD. Con el registrador de datos se logró configurar y programar la lectura y registro por hora de los datos de irradiancia solar global y temperatura de aire, y los datos registrados se monitorean remotamente usando la telemetría por red celular. Se demostró la operatividad del diseño y procesando la información registrada se puede calcular máximos, mínimos, promedios y total de irradiancia solar, la Hora Solar Pico (HSP) y la temperatura del aire; por día y por mes de la ciudad de Jaén. Finalmente, esta investigación ayudará a los investigadores y consultores en el diseño y dimensionamiento técnico de sistemas de generación eléctrica fotovoltaica.

Palabras claves: Irradiancia e irradiación solar, sistema automatizado para medición solar, telemetría de datos, monitoreo remoto.

ABSTRACT

The current moment for the called Industry 4.0, accelerates the development of automation and telemetry as the technological innovation and digital transformation tools main, to optimize time and resources. There are many instrumentation monitoring stations that collect data manually and generate high operating costs. This investigation shows the results of the design, implementation and operation of a solar measurement station, installed in Jaén city. The station is equipped with an MS-40 Class C pyranometer sensor with a measurement range of 0 to 2000W/m² and a PT100 thermocouple type temperature sensor with an RTD transmitter. Using the datalogger it was possible to configure and program the reading and recording hourly data of the global solar irradiance and air temperature, and using cellular network for the telemetry, the recorded data are remotely monitored. The operation of the design was excellent and, doing the processing the recorded information, it is possible to calculate maximums, minimums, averages and total solar irradiance, Peak Sun-Hours (PSH) and air temperature; per day and per month for Jaén city. Finally, this investigation will help researchers and consultants for application in the design and technical dimensioning of photovoltaic electricity generation systems.

Keywords: Solar irradiance and irradiation, automated system for solar measurement, data telemetry, remote monitoring.

I. INTRODUCCIÓN

En Jaén, la radiación solar y la temperatura es considerado en promedio alto durante el día, de ahí que es conocida como una ciudad calurosa. La presente investigación desarrolla un sistema automatizado con telemetría para medir, registrar y monitorear remotamente la temperatura ambiente y la cantidad de radiación solar global que llega hasta la superficie en la ciudad de Jaén; en resumen, aquí encontrarás el diseño y la implementación de una estación de medición solar. La importancia de registrar estos parámetros meteorológicos es incentivar la investigación y el desarrollo de proyectos dirigidos a realizar mejoras en la calidad de vida de la población, traducido en un ahorro económico con la implementación de sistemas de generación eléctrica fotovoltaica aislados o interconectados a la red. Pero a todo esto, ¿Cómo ayuda una estación de medición solar?; los registros obtenidos de radiación solar global y temperatura, sirven para analizar y evaluar la viabilidad de proyectos que desarrollen el aprovechamiento de la energía solar como fuente de energía eléctrica o de calor; esto define la magnitud en escala de inversión económica del sector público o privado. La presión actual en políticas medio ambientales definirá que en un futuro cercano el gobierno regule, normalice e incentive diversos proyectos de inversión en el uso de estas energías renovables; y los datos de ahora formarán parte de la data histórica registrada y monitoreada en forma directa.

1.1 Antecedentes de la Investigación

Abad (2016) afirma que con el fin de contribuir en la mejora de la productividad en las plantaciones de café a través del monitoreo y estudio de datos ambientales como temperatura, humedad relativa, radiación solar, precipitación y humedad del suelo; obtenidos de manera remota. Se desarrolló la investigación instalando una estación meteorológica que registraría y almacenaría datos ambientales cada 10 horas en un registrador de datos local CR1000, y estos datos sean enviados todos los días a través de un correo electrónico. Como resultado diseñó e implementó un sistema de seguimiento de parámetros ambientales para la mejora de producción en plantaciones de café; y los datos fueron estudiados y relacionados con otras variables para determinar el comportamiento de enfermedades y plagas, así como monitorear el crecimiento de los cultivos.

Por lo antes expuesto, se logró configurar el sistema para que la estación meteorológica envíe datos mediante correo electrónico una vez al día y así analizó los datos mediante gráficas. También tecnológicamente recomendó un mantenimiento periódico de los equipos y la contratación de un plan mensual de datos para que el envío de correos sea continuo (Abad 2016).

Alemán (2014), afirma que tiene por objetivo instalar y poner en marcha una estación solarimétrica en el campus de la universidad de Quintana Roo, para describir el proceso de monitoreo y almacenamiento de datos solarimétricos registrados, así como analizar los resultados de los datos obtenidos. La estación se compone de dos piranómetros y un pirheliómetro con un adquisidor de datos CR510 que se alimenta de energía con un módulo fotovoltaico a 12V. En conclusión, logró la instalación y puesta en marcha de la estación solarimétrica y analizar los datos por un periodo de tres meses. Además, concluyó que el registro de datos solarimétricos permitirá crear una base de datos con la información solarimétrica de la ciudad de Chetumal y sea de ayuda para el diseño e implementación de proyectos relacionados con el uso de la energía solar. En recomendaciones señala que se debe realizar un mantenimiento general cada un año de la estación solarimétrica, verificar el nivel del piranómetro y periódicamente limpiar el módulo fotovoltaico y los domos de cuarzo y calibrar anualmente los piranómetros.

Ruiz, Vides y Pardo (2018), menciona que desarrollaron un sistema de captación de las variables climáticas como: temperatura, humedad, radiación solar, dirección y velocidad del viento; y un sistema de monitoreo en línea con acceso permanente y en tiempo real a las condiciones climatológicas de la estación. El sistema meteorológico fue dividido en tres etapas: en la etapa 1 el muestreo y la conversión ADC, en la etapa 2 el almacenamiento y la comunicación serial, y en la etapa 3 la visualización y la transmisión inalámbrica. En conclusión diseñaron el hardware del sistema empleando componentes que permitan generar registros, almacenar información, transmitirla y visualizarla de forma remota. Además implementaron un sistema de comunicación para adquisición de información de los sensores de manera inalámbrica a través de WiFi y el protocolo TCP/IP; y una interfaz del sistema de monitoreo generada con Visual Basic, que controla la comunicación local y externa de sistema con el envío de datos a través de un Hosting que aloja la base de datos y la página WEB.

1.2 Realidad problemática

Actualmente existen estaciones meteorológicas que registran parámetros de radiación solar, precipitación, temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad y dirección de viento, radiación UV. En la ciudad de Jaén no se cuenta con una estación de medición específica de radiación solar; pero sí hay estaciones meteorológicas en operación. El SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología), tiene una estación meteorológica automática y una estación convencional para la ciudad de Jaén. Otra estación meteorológica operativa es la que tiene el laboratorio de ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén, esta estación registra y almacena localmente los datos meteorológicos.

En el año 2000, el Ministerio de Energía y Minas con el SENAMHI, emprenden la ejecución del proyecto denominado “Desarrollo de la información y de una base de datos sobre energía renovable”, como herramienta técnica para el desarrollo del Proyecto de Electrificación Rural a Base de Energía Fotovoltaica en el Perú. Para este estudio se utilizó información meteorológica y cartográfica de una red de medición de radiación solar del SENAMHI, compuesta por estaciones con piranómetros, actinógrafos y con heliógrafos. Según SENAMHI y DEP-MEM (2003), para los procesos de calibración de los métodos, se utilizó una red de 10 estaciones con registros piranométricos y se utilizaron 5 estaciones con registros actinográficos distribuida en todo el territorio peruano. En total se utilizó una red de 197 estaciones meteorológicas, incluyendo 15 estaciones base y para la cuantificación, tabulación de datos meteorológicos y elaboración de mapas de energía solar incidente diaria, seleccionaron el periodo de tiempo de los años 1975 a 1990. Para ello, las mediciones se realizaban manualmente y se usaron métodos estadísticos e interpolación de datos.

La alta incidencia de radiación solar en la ciudad de Jaén permite aplicaciones en aprovechamiento de la energía solar para generar electricidad con sistemas de generación fotovoltaico. Muchas veces los cálculos y diseños técnicos se realizan utilizando datos de irradiancia solar con estimaciones por métodos satelitales, pero estos métodos no son muy precisos y tienen cierto grado de incertidumbre, que muchas veces llevan a no dimensionar correctamente o sobredimensionar un sistema fotovoltaico, que se traduce en un mayor costo económico.

1.3 Formulación Del Problema

¿Cuáles son los criterios para realizar el diseño e implementación de un sistema automatizado con telemetría, para medir, registrar y monitorear la radiación solar y la temperatura en la provincia de Jaén, Cajamarca – Perú?

1.4 Hipótesis

El diseño y la implementación de un sistema automatizado con telemetría, permitirá medir, registrar y monitorear la radiación solar y temperatura en la ciudad de Jaén, Cajamarca – Perú

1.5 Alcance Teórico y Conceptual

1.5.1 La radiación solar

El Sol es el origen de la energía solar y de las otras fuentes renovables de energía. Esta estrella es un enorme reactor de fusión nuclear que transforma parte de su masa en energía de acuerdo con la ecuación de Einstein, $E = m \cdot c^2$, donde E es la cantidad de energía liberada cuando desaparece la masa m ; c es la velocidad de la luz. El Sol emite al espacio energía en forma de radiación electromagnética, la cual puede desplazarse en el vacío, es decir, no requiere medio material para propagarse. (Carta, Calero, Colmenar y Castro, 2009, p.152)

La energía que llega del Sol a la Tierra (una ínfima parte de la que éste irradia al espacio) da lugar a una serie de fenómenos sobre la atmósfera, el agua y la propia tierra, que finalmente conforman los diversos tipos de energías que los humanos podemos usar. Sobre la Tierra incide una energía solar de 1.559.280 TWh en un año, lo cual es aproximadamente 15 000 veces más que la consumida (en la actualidad) en todo el planeta en ese mismo período de tiempo. (Carta et al., 2009, p.27)

Tabla 1.

Distribución de la energía solar incidente en la Tierra.

100,00%	Energía solar: 1 559 280 TWh/año
30,00%	Energía reflejada por la atmósfera: 467 784 TWh/año
50,00%	Absorbida y re-irradiada por la tierra: 799 640 TWh/año
20,00%	Ciclo hidrológico: 311 856 TWh/año
19,76%	Evaporación: 269 263 TWh/año
0,18%	Viento: 2 806, 7 TWh/año
0,06%	Fotosíntesis: 935,5 TWh/año

Fuente: Tomado de Carta, et al., (2009)

La energía solar medible por sensores de radiación solar, registran la descomposición de la luz blanca en longitudes de onda, llamado espectro solar. La siguiente figura muestra la irradiación del espectro solar en $W/m^2/nm$ con respecto a la longitud de onda en nm.

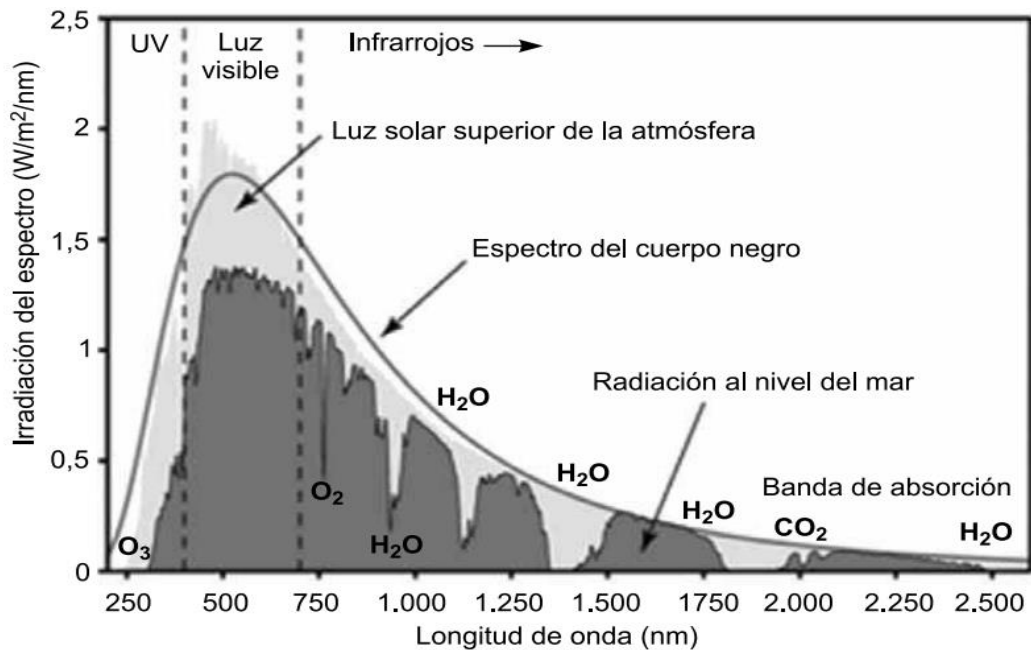


Figura 1. Espectro de irradiación solar.

Fuente: Tomado de Carta, et al., (2009)

La siguiente figura muestra la sensibilidad relativa de los colores de la luz visible con respecto a la longitud de onda en nanómetros (nm).

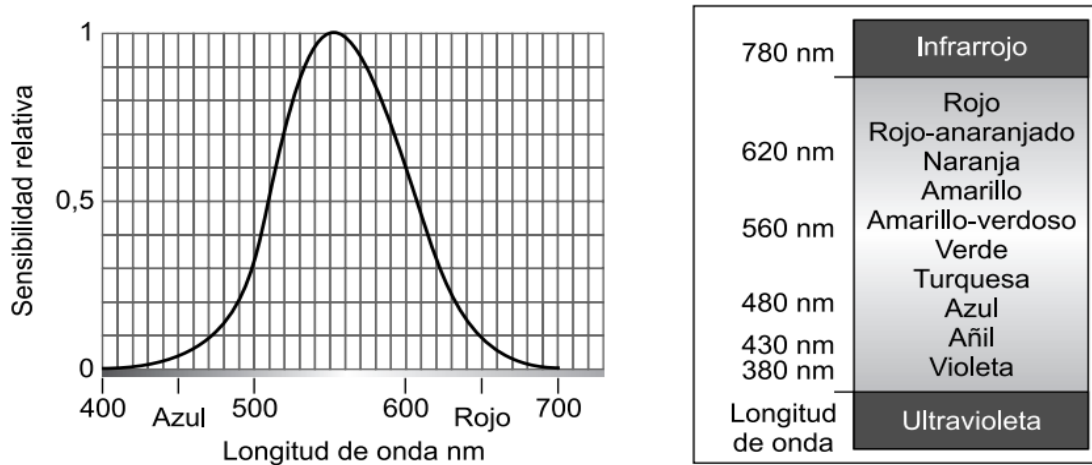


Figura 2. Distribución espectral de longitudes de onda en la zona visible.

Fuente: Tomado de Carta, et al., (2009)

1.5.2 La constante solar

La radiación emitida por el Sol en todas las direcciones es, en parte, interceptada por la Tierra, de forma que puede definirse una magnitud llamada constante solar, G_{SC} , como la energía por unidad de tiempo y unidad de superficie perpendicular a la dirección de propagación de la radiación, para la distancia media entre el Sol y la Tierra. El valor de la constante solar puede estimarse suponiendo el Sol como un cuerpo negro a una temperatura de 5 762 K; se obtiene así un valor de la constante solar de 1 359 W/m². La determinación experimental mediante el uso de satélites permite aceptar un valor de 1 353 W/m² (...) Así, en las horas centrales de un día despejado y de atmósfera limpia, y supuesto que el panel solar esté dispuesto con una inclinación y orientación adecuadas, la irradiancia incidente en el mismo puede ser del orden de 1 kW/m², pero incluso en esas condiciones ideales no se puede esperar obtener más de 150 W de potencia eléctrica neta en un panel de 1 m² de superficie, (Carta, et al., 2009, p.243)

El mismo valor de 1 353 W/m² es establecido por la NASA, y el valor de 1 373 W/m² es establecido por la Organización Mundial de Meteorología.

1.5.3 Propagación de la radiación solar en la superficie de la Tierra

Según Carta, et al., (2009); menciona: De toda la energía que emite constantemente el Sol, una parte llega a la atmósfera terrestre en forma de radiación solar y de ella, (...) El restante 47,5% de la radiación solar llega a la superficie de la Tierra por tres vías. (p. 153)

“Radiación directa: Es la radiación que incide sobre los objetivos iluminados por el sol sin haber interactuado con nada y sin cambiar de dirección (es la más importante en un día soleado)” (p. 153).

Radiación difusa: Es una radiación que incide indirectamente, como reflejo de la radiación solar que es absorbida por el polvo y el aire (es la radiación típica de los días nublados). La difusión se produce al desviarse los rayos solares, debido a las partículas sólidas y las moléculas, como el vapor de agua, que existen en la atmósfera. (p. 154)

“Radiación reflejada o albedo: Es la radiación procedente de la reflexión de la radiación directa en los elementos del entorno (es importante cerca del mar y de las zonas con nieve)” (p. 154).



Figura 3. Propagación de la radiación solar en la superficie de la Tierra.

Fuente: Elaboración propia

1.5.4 La medición de la radiación solar y la temperatura

Para la OMM (2017); considera que los piranómetros utilizan normalmente como sensores elementos termoeléctricos, fotoeléctricos, piroeléctricos o bimetálicos. Como los piranómetros están siempre expuestos a todo tipo de condiciones meteorológicas, deben tener un diseño robusto y resistir los efectos corrosivos del aire húmedo (especialmente en las proximidades del mar). El receptor debería estar herméticamente sellado en el interior de su caja, o bien esta debe ser fácilmente desmontable para eliminar la humedad condensada. Cuando el receptor no está permanentemente sellado, con frecuencia se utiliza un desecante situado en la base del instrumento. Las propiedades de los piranómetros que interesan a la hora de evaluar la incertidumbre y la calidad de la medición de la radiación son: sensibilidad, estabilidad, tiempo de respuesta, respuesta cosenoidal, respuesta acimutal, carácter lineal, respuesta en temperatura, desplazamiento térmico, señal de irradiancia nula y respuesta espectral. (p. 250)

1.5.5 Aplicación de ingeniería para la medición solar y temperatura

La medición con un sistema automatizado, se entiende por la integración de un conjunto de equipos y sensores para registrar y almacenar diferentes tipos de mediciones. Con una automatización de tecnología programada es posible operar múltiples dispositivos a través de diferentes interfaces de comunicación y múltiples protocolos de transmisión de datos. Añadiendo la telemetría se puede optimizar el tiempo en la recolección, transmisión y visualización de los datos de forma remota.

1.5.5.1 Parámetros en medición

Irradiancia solar: Es la magnitud que se usa para describir la potencia de la radiación solar incidente por unidad de superficie y se mide en vatios sobre metro cuadrado, y sus unidades son W/m^2 . (OMM, 2017)

Temperatura: Es la magnitud física para medir la energía térmica de un objeto, cuerpo o el ambiente. Las unidades de medida para la temperatura son grados Celsius ($^{\circ}C$), grados Fahrenheit ($^{\circ}F$) y grados Kelvin (K). El cero absoluto está expresado en grados Kelvin (K), y corresponde a $-273,15^{\circ}C$. (OMM, 2017)

1.5.5.2 Instrumentos de medición solar

Piranómetro: Es un instrumento para medir la irradiación solar global directa y difusa procedente de un ángulo sólido de 180° sobre una superficie plana y en el intervalo espectral de 300nm a 3000nm. (OMM, 2017)

Termistor RTD: Es un tipo específico de detector de temperatura por resistencia. El tipo más común de sensor RTD es el PT100, su característica más importante es que están fabricados con platino y con una resistencia eléctrica de 100 ohmios a una temperatura de 0 °C. (OMM, 2017)

1.5.5.3 Unidad de control programable

Registrador de datos: Es un equipo electrónico que automáticamente registra y almacena los datos de diferentes sensores en un tiempo programado, y puede enviar datos a través de protocolos de comunicación. Algunos equipos permiten controlar actuadores con entradas y salidas programables; y con señales analógicas o digitales.

1.5.5.4 Unidad de telemetría

Enrutador o modem celular: Es un equipo electrónico de comunicación inalámbrica que, a través de ondas de radio de banda ancha permite configurar diferentes estándares de comunicaciones digitales remotas para diferentes dispositivos conectados en red local o a través de internet. Los estándares de comunicaciones varían en la red celular desde GSM hasta redes con tecnología 4G.

1.5.5.5 Módulo de energía fotovoltaica

Panel solar: Es un conjunto de celdas solares de silicio policristalino y monocristalino agrupadas entre sí, para aprovechar el efecto fotoeléctrico y convertir la radiación solar en energía eléctrica de corriente continua. Según el dimensionamiento técnico se pueden unir en serie y en paralelo para obtener una determinada potencia.

Regulador de carga solar: Es un equipo con la función básica de controlar constantemente el flujo de voltaje y corriente eléctrica entre el panel solar y la batería. Permite la carga continua de la batería.

Batería solar: Es un dispositivo que a través de un proceso electroquímico acumula y suministra energía eléctrica producida por paneles solares fotovoltaicos u otro sistema de generación de corriente continua. Las baterías más utilizadas para aplicaciones solares, son baterías de gel que están compuestas por un electrolito gelificado.

1.5.5.6 Software y plataforma web

Loggernet: Es un paquete de software de soporte para registradores de datos de la marca Campbell Scientific, que permite programar, comunicar y descargar información del registrador de datos a una computadora. Incluye un editor de código que sirve para escribir programas de registro de datos en el lenguaje de programación CRBasic de Campbell Scientific, compatible con las instrucciones y funciones contenidas en el sistema operativo del registrador de datos (Campbell Scientific Web, 2019).

Hoja de cálculo de Google: Es un programa gratuito de hoja de cálculo basado en web. Las fórmulas incorporadas, tablas dinámicas y opciones permiten optimizar el tiempo y simplifican el procesamiento numérico de datos. Usando esta tecnología puedes acceder rápidamente desde cualquier parte del mundo.

Estudio de datos de Google: Es una herramienta gratuita basada en tecnología de desarrollo web y data en la nube, que sirve para realizar informes personalizados con tableros para presentar y analizar los datos en forma dinámica.

OpenVPN: Es un software que utiliza técnicas del protocolo de Red Privada Virtual (VPN), para asegurar conexiones de red punto a punto y de sitio a sitio a través de protocolos de capa de transporte de datos en línea como TCP y UDP. Permite manejar las comunicaciones cliente-servidor a través de un "túnel" seguro entre el cliente VPN y el servidor VPN.

Dominio Web: Es una dirección alfanumérica única e irrepetible, sirve como una dirección de identificación en toda la red de internet. El mayor uso es para publicar páginas web y gestionar su contenido en la red. Un dominio hace la navegación más sencilla y accesible para las personas.

Hosting Web: Es un servicio de pago que permite el almacenamiento archivos, medios, base de datos y todos los contenidos de un sitio web en un servidor conectado a la red de Internet. A través del servidor, la página web puede ser visitada desde cualquier parte del mundo usando una conexión a Internet.

Wix: Es una plataforma web para la construcción de páginas web en lenguaje de programación HTML5 a través del sistema arrastrar y soltar. Este sistema hace que la plataforma sea muy intuitiva e ideal para que cualquier persona sin conocimientos de programación pueda crear un sitio y publicarlo en Internet. La plataforma es Freemium, es decir ofrece un servicio básico de forma gratuita y funciones avanzadas con pago.

1.5.6 Mapas de radiación solar del Perú y el mundo

1.5.4.1 Atlas de Energía Solar del Perú

Es un mapa de radiación solar para el Perú, elaborado para evaluar el rendimiento de sistemas solares fotovoltaicos según el lugar de instalación. Fue publicado en el año 2003 como resultado del trabajo conjunto del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y la Dirección Ejecutiva de Proyectos del Ministerio de Energía y Minas a través de la Dirección General de electrificación rural (DGER).

SENAMHI y DEP-MEM (2003), señala que para la elaboración de los mapas de energía solar se utilizaron los sistemas de información geográfica (SIG). La base cartográfica utilizada fueron 500 cartas nacionales provenientes del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a una escala de 1:100 000. La delimitación departamental fue obtenida del mapa Perú digital. Además, la base de datos cartográfica fue elaborada con curvas de nivel cada 200 metros.

La recolección de datos se realiza a través de estaciones meteorológicas ubicadas en todo el Perú. En total se utilizaron 197 estaciones meteorológicas, el cual incluye 15 estaciones base. A continuación, se detalla las estaciones base.

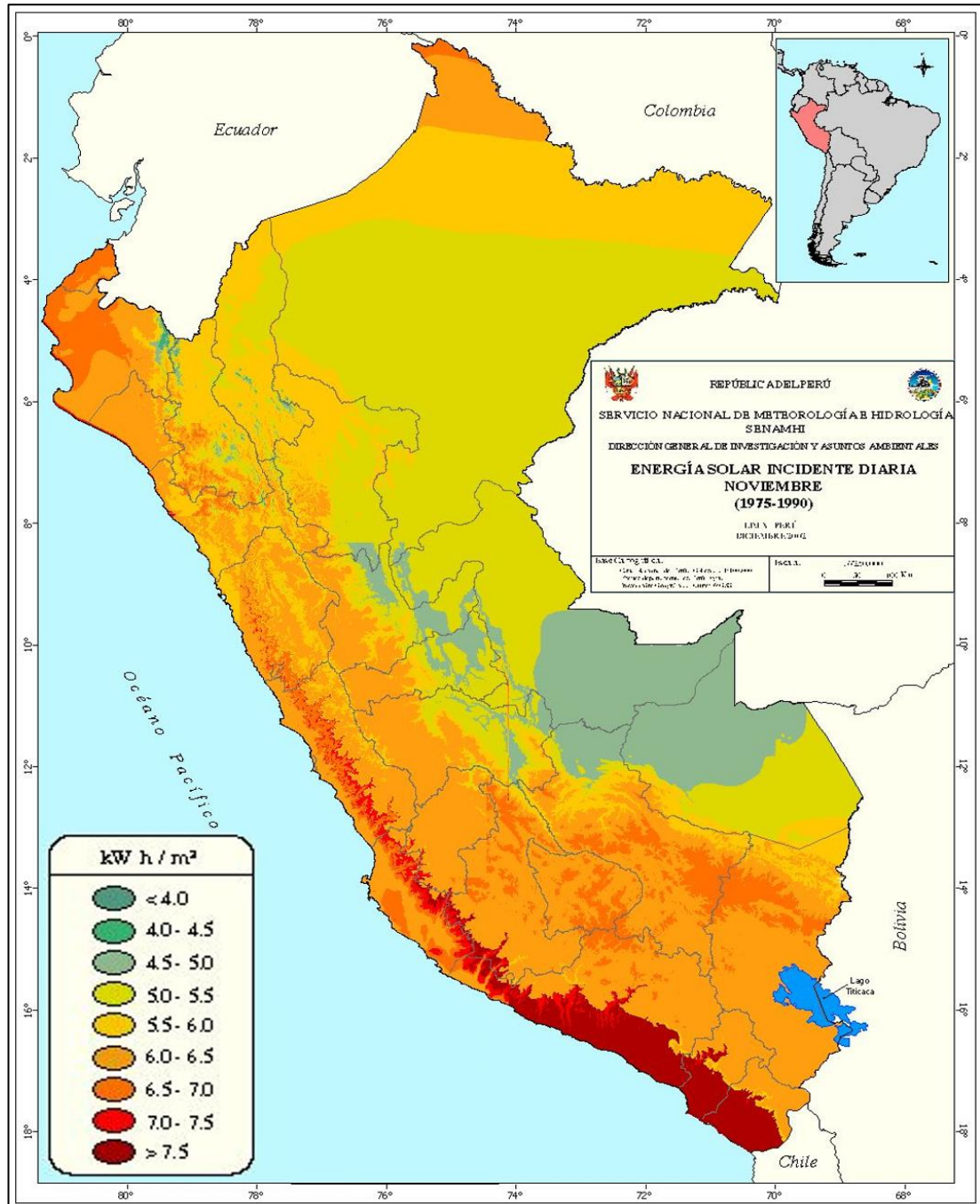


Figura 4. Mapa de Energía Solar Incidente Diaria de mes de noviembre.

Fuente: Tomado de SENAMHI y DEP-MEM (2003).

Tabla 2.

Ubicación geográfica, récord histórico y tipo de instrumento de medición de irradiación solar utilizados como estaciones base.

Estación Meteorológica	Latitud (°S)	Longitud (°W)	Altitud (msnm)	Récord histórico	Instrumento de medición
Miraflores	5,17	80,62	30	1979-1992	Piranómetro
San Ramon SM	5,56	76,05	184	1979-1992	Actinómetro
El Porvenir	6,35	76,19	230	1964-1971	Actinómetro
Bambamarca	6,40	78,31	2536	1967-1977	Actinómetro
Bellavista	7,03	76,33	247	1971-1973	Actinómetro
Weberbauer	7,17	78,50	2536	1980-1985	Piranómetro
Huayao	12,03	75,32	3308	1977-1996	Piranómetro
A. Von Humboldt	12,08	76,95	238	1968-1999	Piranómetro
Cosmos	12,15	75,57	4575	1986-1988	Piranómetro
Granja Kcayra	13,55	71,87	3219	1980-1984	Piranómetro
San Camilo	14,07	75,72	398	1978-1988	Piranómetro
Chuquibambilla	14,78	70,73	3971	1980-1984	Piranómetro
Puno	15,83	70,02	3820	1977-1993	Piranómetro
Characato-La Pampilla	16,45	71,48	2451	1978-1987	Piranómetro
La Joya	16,58	71,92	1295	1967-1993	Actinómetro

Fuente: Tomado de SENAMHI y DEP-MEM (2003).

1.5.4.2 NASA - Predicción de Recursos Energéticos Mundiales

Es un conjunto de datos solares y meteorológicos para el apoyo al desarrollo de las energías renovables. Según (NASA POWER, 2019), el proyecto de predicción de recursos energéticos mundiales (POWER), se inició para mejorar el conjunto de datos de energía renovable actual y para crear nuevos conjuntos de datos a partir de nuevos sistemas satelitales. Los datos solares se basan en observaciones satelitales a partir de las cuales se infieren valores de insolación de superficie, los parámetros meteorológicos se basan en el modelo de asimilación MERRA-2. Para los valores medios diarios de los datos meteorológicos y solares se proporcionan en un formato de serie temporal. La visualización de datos es a través de la aplicación de mapeo web “POWER Data Access Viewer”, accediendo a datos promediados diariamente, analizar gráficos interactivos, ver tablas de datos y descargar varios formatos de archivos según el rango de fechas a consultar.

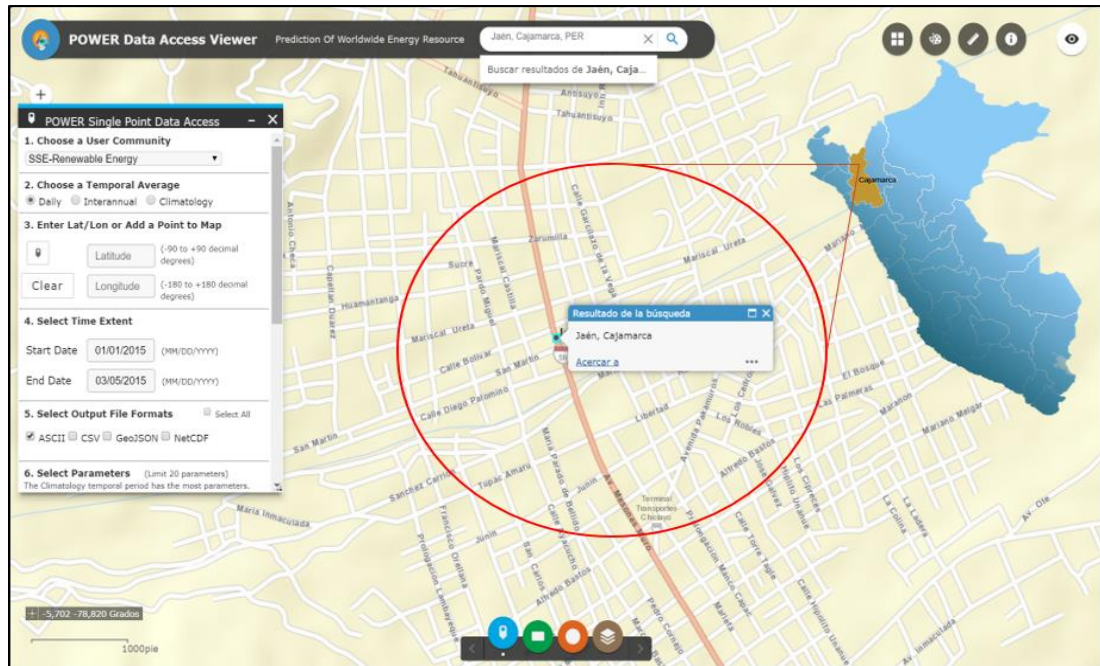


Figura 5. Interfaz web de Data Access Viewer, para búsqueda y descarga de datos.

Fuente: Tomado de la web de NASA POWER

1.5.4.3 Atlas Solar Global

Es un atlas de cartografía de radiación solar, proporcionado por el Banco Mundial y la Corporación Financiera Internacional para el desarrollo de la energía solar; con un acceso rápido y fácil a los datos de recursos solares y potencial de energía fotovoltaica a nivel mundial. Según (Global Solar Atlas, 2019), afirma que:

La información específica proporcionada por Atlas involucra tres modelos diferentes principales: modelo de radiación solar, modelo de temperatura del aire y modelo de simulación de energía fotovoltaica. Los métodos utilizados en el modelo de radiación solar tienen en cuenta los factores de atenuación de la radiación solar en el camino a través de la atmósfera hasta llegar a la superficie del suelo y para calcular estos parámetros, el modelo Solargis usa entradas de datos de satélites geoestacionarios y modelos meteorológicos. Para el modelo de temperatura del aire, los datos meteorológicos no están disponibles para un sitio de interés particular, y la única opción es derivarlos de modelos meteorológicos, y los datos modelados tienen una precisión menor en comparación con las mediciones de una estación meteorológica bien mantenida con instrumentos de alto estándar.

“El modelo de simulación de energía fotovoltaica estima la energía eléctrica producida por un sistema fotovoltaico que depende de la cantidad de radiación solar que cae sobre la superficie de los módulos fotovoltaicos”. (Global Solar Atlas, 2019)

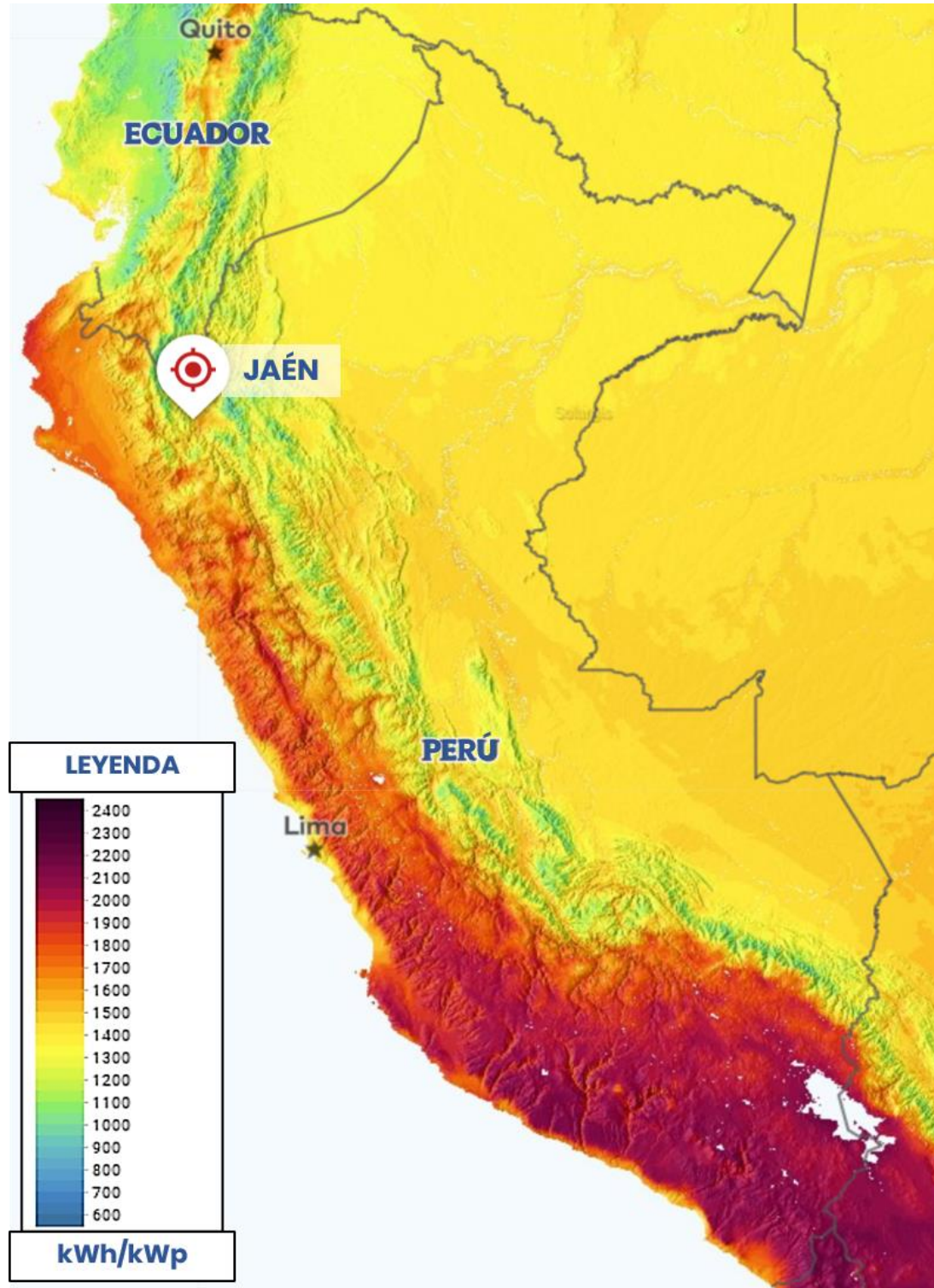


Figura 6. Regiones con mayor Eficiencia Solar Fotovoltaica en el Perú.

Fuente: Tomado de Global Solar Atlas (2017).

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Diseñar e Implementar un sistema automatizado con telemetría para medir, registrar y monitorear la radiación solar y la temperatura con la finalidad de contar con una base de datos, en la provincia de Jaén, Cajamarca – Perú.

2.2. Objetivos Específicos

- Diseñar un sistema de medición automatizado con telemetría, para un sensor piranómetro y un sensor de temperatura en la ciudad de Jaén.
- Implementar un sistema de medición automatizado con telemetría, para un sensor de piranómetro y un sensor de temperatura en la ciudad de Jaén.
- Analizar y contrastar los registros de irradiancia solar y temperatura del aire, con otras fuentes de datos para la ciudad de Jaén.
- Implementar una plataforma web para monitorear los registros de irradiancia solar y temperatura del aire para la ciudad de Jaén.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Alcances Técnicos del Proyecto de Investigación

3.1.1 Ubicación del área de estudio

La investigación se está realizando en la misma ciudad y provincia de Jaén, departamento de Cajamarca. La provincia de Jaén está a una altitud promedio de 740 msnm. A continuación, se muestra la tabla con las coordenadas geográficas de ubicación:

Tabla 3.

Coordenadas de ubicación de estación de medición solar.

Coordenadas de Estación Solar	
Latitud	5° 42' 52.7" S
Longitud	78° 48' 30.4" O

Fuente: Elaboración propia



Figura 7. Ubicación de estación de medición solar Jaén.

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Variables de estudio

Se identificó las variables mediante la definición conceptual y operacional.

Tabla 4.

Operacionalización de variables de estudio.

Variables	Operacionalización de Variables		
	Definición Conceptual	Definición Operacional Dimensión	Indicadores
Variable Dependiente: Sistema de Medición Automatizado con Telemetría	Es la integración de un conjunto de equipos y sensores para registrar y almacenar diferentes tipos de mediciones con un monitoreo remoto.	Energía eléctrica. Transmisión remota de datos. Almacenamiento de datos. Programación de registros continuos	Potencia (W) Voltaje (V) Corriente (A) Comunicación de datos (kbps) Memoria (Byte) Tiempo (s)
Variable independiente: Sensor de radiación solar y temperatura	Instrumento para medir la radiación solar global en una superficie plana. Instrumento que mide la resistencia de un conductor con la variación de temperatura.	Sensor de medición de irradiancia solar. Sensor de medición de temperatura.	Irradiancia solar global (W/m ²). Temperatura (°C).
Variable interviniente: Registrador de datos	Es un dispositivo electrónico que registra y almacena datos en un periodo de tiempo.	Registrar y continuamente datos de irradiación solar y temperatura.	Irradiancia (W/m ²) Temperatura (°C) Periodo (min)

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Diagrama de Procesos

Se describe todas las acciones a realizar para en cada proceso.

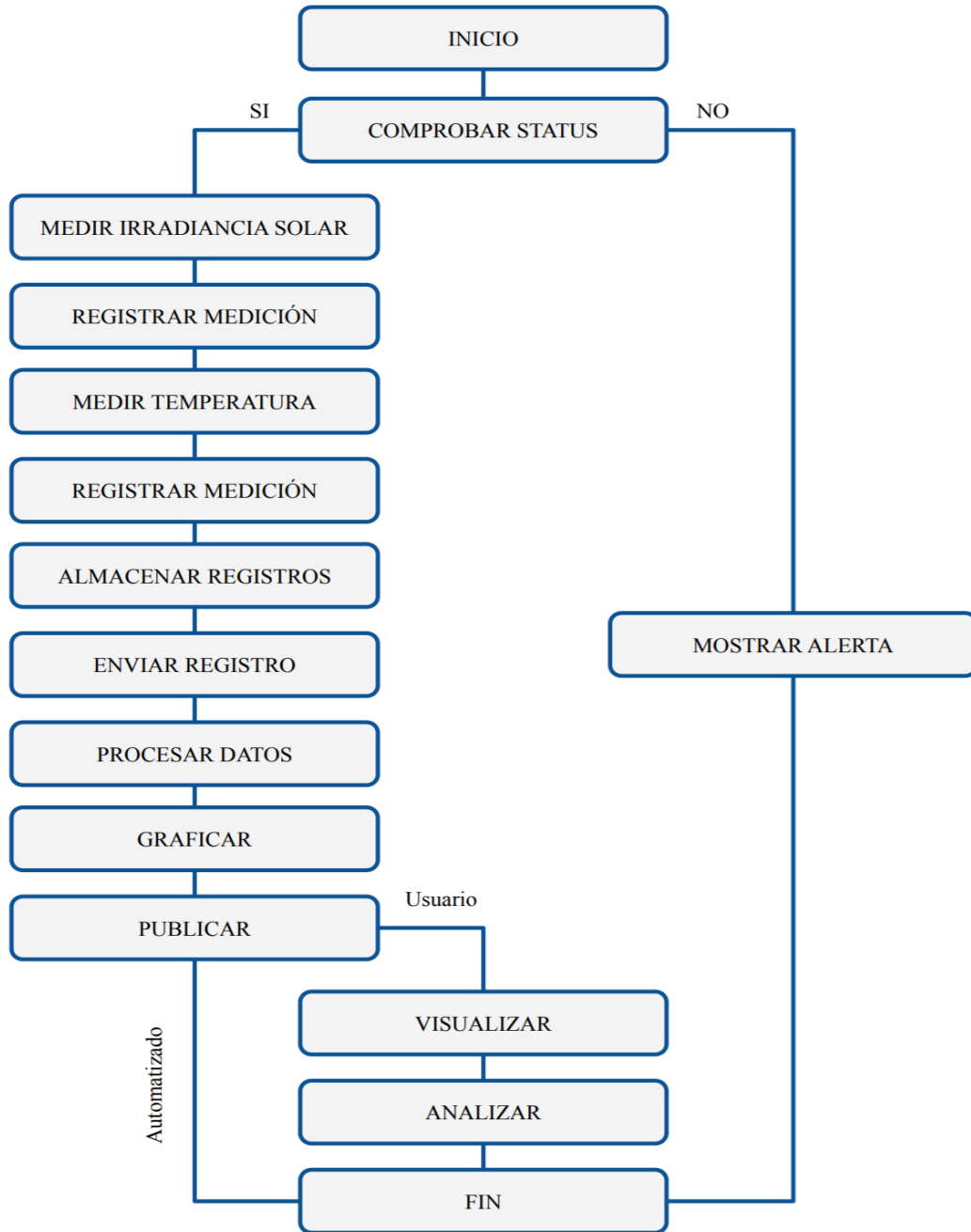


Figura 8. Diagrama de procesos.

Fuente: Elaboración propia

Inicio: Indica el inicio del proceso.

Comprobar estatus: Realizar una comprobación de la correcta operación del sistema, voltaje de operación óptimo y correcto funcionamiento de entradas y salidas.

Medir irradiancia solar: El registrador de datos toma lectura del instrumento piranómetro a través del cable de señal. La medición se realiza cada 1 hora.

Medir temperatura: El registrador de datos toma lectura del sensor de temperatura a través del cable de señal. La medición se realiza cada 1 hora.

Registrar medición: El registrador de datos registra los valores medidos por el piranómetro y el sensor de temperatura, con sus unidades respectivas y la hora de toma de lectura.

Almacenar registros: El registrador de datos almacena en su memoria interna los registros de irradiación solar y temperatura ambiente en un formato de archivo *.dat.

Enviar registro: El servidor solicita el archivo *.dat al registrador de datos a través del túnel VPN creado con un modem industrial. El archivo se envía cifrado por la red VPN.

Procesar datos: El dato es recibido por la computadora y de manera automática analizado por un programa de cálculo que traducirá los valores separados por comas en columnas.

Graficar: Con los datos analizados otro programa grafica los datos en series de tiempo que permita consultar información en días, meses y años.

Publicar: Un programa web generará una publicación web a través de un dominio o dirección web y podrá ser visitado a través de internet.

Visualizar: El usuario accede a través de internet y puede consultar en un rango de fechas las gráficas y los valores registrados de irradiancia solar y temperatura.

Analizar: El usuario puede analizar la información y tomar alguna acción inmediata o establecer puntos críticos de control entre otras cosas.

Mostrar alerta: Si el sistema no se ha comprobado correctamente, se envía una alerta. Se envía una señal para que el proceso vuelve a iniciar en 1 hora.

Fin: Indica el final del proceso.

3.2 Diseño del Sistema Automatizado con Telemetría

3.2.1 Instrumentos de Medición Solar

La selección de los instrumentos requiere hacer un análisis de información científica y la información técnica de fabricación del instrumento. Para la selección de instrumentos de medición solar se consideró como base la relación entre la longitud de onda y la irradiancia solar.

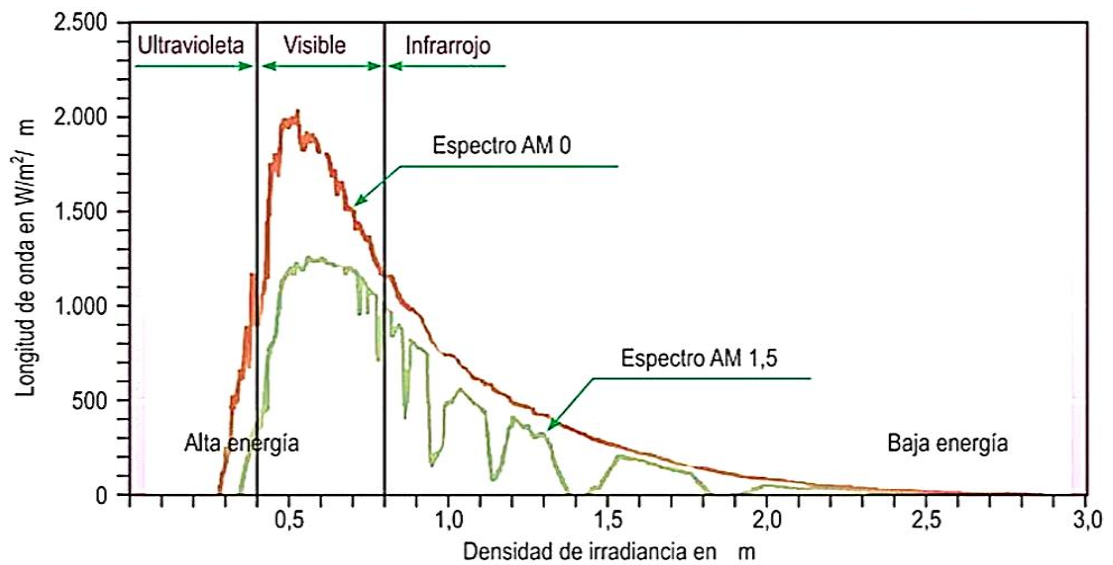


Figura 9. Relación del espectro solar y la irradiancia.

Fuente: Tomado de Moro (2018).

Un factor importante es la masa de aire o AM (*Air Mass*), esta es una forma de medir el grado de interacción que la atmósfera ejerce sobre la radiación solar. Cuanto mayor sea el factor AM, mas larga será la trayectoria de la radiación y mayor será la pérdida de energía. Este factor se calcula dividiendo la unidad entre el seno del ángulo de elevación del Sol ($1/\text{Sen}\theta$). El resultado de AM=0 se expresa únicamente para el espacio sobre la atmosfera terrestre. (Moro, 2018)

Analizando esta base científica de la relación del espectro AM=0 con la longitud de onda de $1\,500\text{ W/m}^2/\text{nm}$, y la constante solar $G_{sc} = 1\,353\text{ W/m}^2$ aceptado por la NASA. Se concluyó que el piranómetro deberá ser técnicamente de 0 a 2000 W/m^2 y una longitud de onda de 280 a 4000 nm. Para el sensor de temperatura se consideró únicamente cumplir un rango de medición de 0 a $50\text{ }^\circ\text{C}$ ya que sería casi imposible que la ciudad de Jaén experimente temperaturas bajo cero.

Especificaciones	MS-80	MS-60	MS-40
ISO 9060:2018	Class A	Clase B	Clase C
ISO 9060:1990	(estándar secundario)	(Primera clase)	(Segunda Clase)
Subcategoría "Espectralmente plana"	Compatible	Compatible	Compatible
Subcategoría "Respuesta rápida"	Compatible	No compatible	No compatible
Salida	Analog (mV)	Analog (mV)	Analog (mV)
Tiempo de respuesta 95%	< 0.5 Seg.	< 18 Seg.	< 18 Seg.
Cero Offset A 200W/m ²	+/- 1 W/m ²	+/- 5 W/m ²	+/- 12 W/m ²
Cero Offset B 5K/hr	+/- 1 W/m ²	+/- 2 W/m ²	+/- 5 W/m ²
Completa la compensación de cero c)	+/- 2 W/m ²	+/- 7 W/m ²	+/- 17 W/m ²
No estabilidad Cambio en 1 año	-	+/- 1.5 %	+/- 1.5 %
No estabilidad Cambio en 5 años	+/- 0.5 %	-	-
No linealidad a 1000W/m ²	+/- 0.2 %	+/- 1 %	+/- 1 %
Respuesta direccional a 1000W/m ²	+/- 10 W/m ²	+/- 18 W/m ²	+/- 20 W/m ²
Spectral error	+/- 0.2 %	+/- 0.2 %	+/- 0.2 %
Respuesta de temperatura -10°C a 40°C	+/- 1 %	+/- 3 %	+/- 3 %
Respuesta de temperatura -20°C a 50°C	+/- 1 %	+/- 4 %	+/- 3 %
Respuesta de inclinación a 1000W/m ²	+/- 0.2 %	+/- 1 %	+/- 1 %
Sensibilidad	Approx. 10 μ V/W/m ²	Approx. 10 μ V/W/m ²	Approx. 10 μ V/W/m ²
Impedancia	< 45000 Ω	100 Ω	100 Ω
Rango de temperatura de trabajo	-40 - 80 °C	-40 - 80 °C	-40 - 80 °C
Rango de irradiancia	0 - 4000 W/m ²	0 - 2000 W/m ²	0 - 2000 W/m ²
Rango de longitud de onda	285 - 3000 nm	285 - 3000 nm	285 - 3000 nm
Protección de ingreso IP	67	67	67
Largo de cable	10 m	10 m	10 m

Figura 10. Comparación de características técnicas de un piranómetro Clase A, B y C.

Fuente: Tomado de EKO Instruments Web (2019).

3.2.2.1 Piranómetro MS-40

El piranómetro MS-40 es un sensor de tipo termopila que mide la irradiancia global y difusa en una superficie horizontal a 180°. El rango de medición de irradiancia es de 0 a 2000W/m² con una longitud de onda de 285 a 3000nm y una sensibilidad cercana a 10 μ V/W/m².



Figura 11. Piranómetro para medición de radiación global y difusa.

Fuente: Tomado de Eko Instruments Web (2019).

Según (EKO Instruments, 2019), la termopila genera un voltaje proporcional a la diferencia de temperatura conocido como Efecto Seebeck. Cuando se irradia luz sobre el sensor, la temperatura del detector aumenta que genera una fuerza electromotriz en la termopila y puede ser medido como voltaje.

Tabla 5.

Especificaciones técnicas – piranómetro MS-40.

ESPECIFICACIONES	Piranómetro MS-40
Fabricante	EKO Instruments
Tipo de sensor	Termopila
ISO 9060:2018	Clase C
Subcategoría “Espectralmente plana”	Compatible
ISO 9060:1990	(Segunda Clase)
Salida	Analógica (mV)
Tiempo de respuesta 95%	< 18 Seg.
Cero Offset A 200W/m ²	+/- 12 W/m ²
Cero Offset B 5K/hr	+/- 5 W/m ²
Completa la compensación de cero	+/- 17 W/m ²
No estabilidad Cambio en 1 año	+/- 1.5 %
No linealidad a 1000W/m ²	+/- 1 %
Respuesta direccional a 1000W/m ²	+/- 20 W/m ²
Error espectral	+/- 0.2 %
Respuesta de temperatura -10°C a 40°C	+/- 3 %
Respuesta de temperatura -20°C a 50°C	+/- 3 %
Respuesta de inclinación a 1000W/m ²	+/- 1 %
Sensibilidad	10 µV/W/m ²
Impedancia	100 Ω
Rango de temperatura de trabajo	-40 – 80 °C
Rango de irradiancia	0 – 2000 W/m ²
Rango de longitud de onda	285 – 3000 nm
Protección de ingreso IP	67
Largo de cable	10 m

Fuente: Tomado de la web de Eko Instruments

3.2.2.2 Sensor de Temperatura MT-010 PT100

Termistor PT100, es un sensor de temperatura de resistencia de platino, con un valor de 100Ω para cero grados (0°C). Está integrado dentro de una sonda de metal con cable de 4 hilos. Los RTD, necesitan un transmisor de PT100 para convertir su señal en una salida de 4-20mA. La tabla de conversión del sensor de temperatura de resistencia MT-010 (clase Pt100 A) se muestra en el Anexo 02.



Figura 12. Termistor PT100.

Fuente: Tomado de la EKO Instruments Web (2019).

El escudo de radiación solar para el sensor de temperatura consiste en cierto número de platos de plástico y está configurado para permitir la convección de aire natural alrededor del sensor mientras se minimiza la exposición directa a la luz solar desde todas las direcciones, y la temperatura del aire dentro del escudo es una buena representación del aire exterior. El escudo también protege de la lluvia. (EKO Instruments, 2019)



Figura 13. Escudo de radiación solar para termistor RTD.

Fuente: Tomado de la EKO Instruments Web (2019).

Tabla 6.

Especificaciones técnicas del termistor PT-100.

ESPECIFICACIONES	MT-052-T
Fabricante	EKO Instruments
Rango de medición de temperatura	0 - 60 °C
Termistor	PT-100
Escudo solar	10 platos
Dimensiones mm	130 x 260
Transmisor	RTD PT100

Fuente: Tomado de la web de Eko Instruments.

3.2.2 Equipamiento de la Unidad de Control

3.2.2.1 Registrador de Datos CR300

El CR300 es un registrador de datos de control y medición compacto y multipropósito. Este registrador de datos pequeño, de bajo costo y alto valor ofrece comunicaciones rápidas, bajos requisitos de energía, RS232 y USB Micro-B incorporado, con excelente precisión y resolución de entrada analógica y configuración de entradas y salidas digitales. Tiene una unidad de CPU de 80 MB de memoria flash. Dispone de protocolos de comunicación PakBus, Modbus RTU / ASCII / TCP, DNP3. Es compatible con el software Loggernet y acepta programación en lenguaje CRBasic. (Campbell Scientific, 2019).



Figura 14. Registrador de datos CR300.

Fuente: Tomado de Campbell Scientific Web 2019).

Tabla 7.

Especificaciones técnicas del registrador de datos CR300.

ESPECIFICACIONES	CR-300
Fabricante	Campbell Scientific
Temperatura de funcionamiento	-40 ° a + 70 ° C
Memoria Flash	80MB para unidad CPU
Memoria RAM	756KB
Voltaje de operación	9 a 16V
Voltaje de Carga	16 a 32V
Voltaje puerto USB	5V
Batería Externa Aceptada	12V/7.0Ah
Consumo Inactivo	1.5mA
Consumo activo	23mA
Escaneo Activo de 1Hz	5mA
Activo con comunicación serial	+25mA
Rango de medición analógica	150 a 5000mV
Resolución analógica	1.6mV
Entradas analógicas	6 diferenciales individuales
Límite de voltaje de entrada	-100 a +2500mV
Terminales de excitación de voltaje	02 terminales (VX1, VX2)
Puertos de comunicaciones	USB Micro B y RS-232
Conmutado 12 voltios	01 terminal
Entradas y salidas digitales	7 terminales (C1, C2, P_SW y SE1 a SE4)
Límites de entrada	-100 a +2500 mV
Analog-to-Digital Conversion	24 bits
Unidad de CPU	80 MB de flash serie
Almacenamiento de datos	Flash serie de 30 MB
Protocolos de comunicación	PakBus, Modbus, SDI-12, TCP, UDP
Período de ejecución del programa	100 ms a 1 día

Fuente: Tomado de la web de Campbell Scientific

3.2.2.2 Cable Serial RS232

El cable Serial RS232 es usado para conexión entre dispositivos seriales DB9. Tiene una tasa de transmisión de datos de hasta 6Mbps. Se usó un cable serial de 30cm de longitud con terminales DB9 hembra/hembra.



Figura 15. Cable Serial RS232 con terminal hembra-hembra

Fuente: Tomado de Web TrendNet 2019.

3.2.2.3 Software LoggerNet

El registrador de datos de la marca Campbell Scientific tiene un software único para la administración, configuración y programación, llamado Loggernet. La versión más actual es LoggerNet 4.5 y fue publicada en 2017. El programa es compatible con el registrador de datos CR300 e incluye una biblioteca interna con diferentes tipos de sensores preconfigurados, ya sean de la misma marca o genéricos. Se utilizaron el módulo Setup, ShortCut y CRBasic.

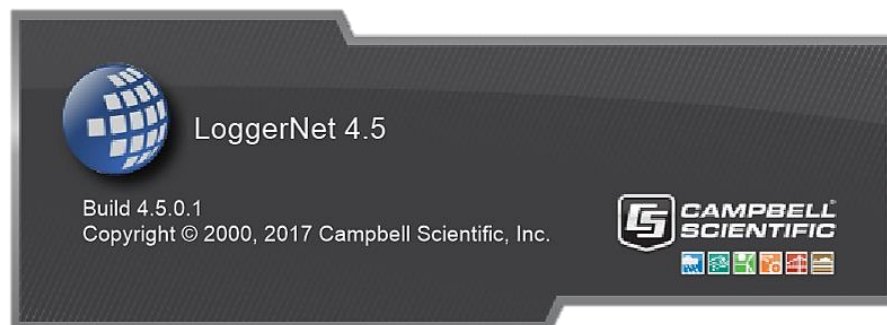


Figura 16. Software Loggernet para registrador de datos Campbell Scientific.

Fuente: Tomado de la web de Campbell Scientific.

Setup: Por una comunicación serial RS232, este módulo permite agregar y sincronizar el registrador de datos CR300 con el software LoggerNet.

ShortCut: El módulo permite configurar rápidamente los sensores piranómetro y temperatura al tener como referencia una biblioteca existente de diferentes sensores con una programación estándar.

CRBasic: Este módulo permite realizar un ajuste a la programación estándar del módulo ShortCut, volverlo a compilar y luego subir el código del programa al registrador de datos.

3.2.3 Equipamiento de Telemetría

3.2.3.1 Modem Celular Industrial RUT955

El RUT955, Es un robusto modem celular industrial de dual SIM 4GLte. Este dispositivo es altamente seguro, confiable y está equipado con puerto Ethernet, Wi-Fi y tiene entradas/salidas digitales y analógicas; además es compatible con GNSS (GPS), microSD y USB. Trabaja con OpenVPN y comunicación serial RS232, RS485. Permite acceder a internet usando la red celular de cualquier operador móvil y una característica importante es la comunicación celular en misión crítica de alto rendimiento con redundancia de conectividad a través de conmutación por error de doble SIM.



Figura 17. Modem Celular Industrial RUT955 - 4GLte.

Fuente: Tomado de la web de Teltonika

Tabla 8.

Especificaciones técnicas de un módem de Internet.

ESPECIFICACIONES	RUT955
Fabricante	Teltonika
Red celular	4G(LTE), DC-HSPA, EDGE, GPRS
Velocidad Máxima	150Mbps
Unidad Central de Proceso (CPU)	Atheros Wasp, MIPS 74Kc, 550 MHz
Sistema Operativo	RutOS (OpenWrt basado en Linux OS)
Memoria	16 MB Flash, 128 MB DDR2 RAM
Puertos de internet	4 puertos Ethernet y Wifi
Entradas digitales	4 entradas digitales
Salidas digitales	1 salida digital
Entradas analógicas	3 entradas analógicas
Salidas analógicas	2 salidas (30V, 250mA, relé de 24V/4A)
Tarjeta de memoria	MicroSD
Tarjeta SIM	2 ranuras para SIM externas
Comunicación Serial	RS232-DB9 / RS485
Protocolos de red	TCP, UDP, IPv4, IPv6, ICMP, NTP, DHCP, DNS, HTTP, HTTPS, SSL v3, TLS, ARP, PPPoE, UPNP, SSH, Telnet, SNMP, VRRP, PPP, SMPP, MQTT
Funciones de red	NAT, OpenVPN, Ipsec
Enrutamiento de red	Estático y dinámico
Autenticación	Clave precompartida-certificados digitales
Voltaje de operación	9V a 30V
Temperatura de operación	-40°C a 75°C
Conectores	2 x Mobile SMA
Antena celular	Tipo 2G/GPRS/4Glte
Antena WiFi	2 x WiFi RP-SMA

Fuente: Fuente: Tomado de la web de Teltonika

3.2.3.2 Tarjeta SIM 4G

La tarjeta de plástico tiene un chip que almacena de manera segura el número de teléfono y las claves de acceso del usuario de una operadora de telefonía. El número móvil tiene un plan de datos mensual, de tal manera que siempre puede proveer acceso a Internet a través del modem celular industrial. Actualmente todas las tarjetas SIM pueden conectarse a la red celular 4G y la baja transferencia de datos requiere el mínimo del plan de internet ilimitado que venden las operadoras de telefonía móvil.



Figura 18. Diferentes presentaciones de tarjetas SIM del mercado.

Fuente: Tomado de la web de Teltonika

3.2.3.3 Programa OpenVPN

En la necesidad de transmitir datos de forma segura y confiable a través de internet, es necesario utilizar protocolos de comunicación seguros. OpenVPN es un programa que usa el protocolo de Red Privada Virtual (VPN) y es compatible con el modem industrial ya que este equipo tiene implementado un módulo de configuración de túnel VPN. Esto permitió conectar con el registrador de datos a través de internet con total seguridad, porque los datos viajan totalmente cifrados, en un extremo el modem industrial que opera como cliente VPN y del otro extremo un servidor VPN.



Figura 19. Logo de programa de protocolo OpenVPN.

Fuente: Tomado de la web de OpenVPN

3.2.4 Módulo de energía fotovoltaica

3.2.4.1 Cálculo de la Potencia Requerida

Todos los equipos del sistema automatizado tienen un voltaje de operación entre los 5V y 18V, entonces se eligió el voltaje de operación del sistema en 12V. A continuación, se presenta el cuadro de corriente eléctrica y potencia que requiere por cada equipo.

Tabla 9.

Cuadro de carga de la estación solar EKO-J01.

DISPOSITIVO	CONSUMO	VOLTAJE	POTENCIA
Registrador de datos CR300	47mA	12V	0.564W
Modem celular industrial 4GLte	580mA	12V	6.960W
TOTAL			7.524W

Fuente: Elaboración propia.

Sumado las cargas, se concluyó que el registrador de datos y el modem celular industrial tienen una potencia total de 7.524W. Para comprender la potencia eléctrica y cuando transformamos en electricidad vamos a considerar el consumo de Watts en una hora debemos entender que, si los 2 equipos electrónicos están encendidos durante una hora, estos habrán consumido 7.524Wh de electricidad.

3.2.4.2 Cálculo y selección del fusible

El voltaje de operación en el sistema es de 12V y un consumo eléctrico de 7.524Wh. Luego con la Ley de Ohm, se calculó la intensidad de corriente requerida en Ah aplicando la siguiente ecuación:

$$I_c = \frac{P_c}{V_o} \quad \dots (1)$$

Dónde:

I_c es la corriente de consumo en una hora.

P_c es la potencia de consumo

V_o es el voltaje de operación del sistema.

Usando la ecuación (1) y reemplazando los valores se obtuvo la corriente de consumo en una hora.

$$I_c = \frac{7.524W \cdot h}{12V} = 0.627Ah$$

La corriente de consumo es 0.627Ah y se seleccionó un fusible de 1A.

3.2.4.3 Selección de la batería

Para la ciudad de Jaén se estimó que desde las 9am hasta las 5pm son las horas de niveles aceptables de radiación solar. Entonces la carga de la batería debe completarse en esas 8 horas. La capacidad de todas las baterías tiene un estándar de autonomía de 20 horas y la característica mínima recomendado por el fabricante del registrador de datos es una batería de 12V/7Ah. Sin embargo, se ha añadido 7W del consumo del modem celular industrial. Por esto se realizó la comprobación del cumplimiento con los datos de la ficha técnica de una batería de 12V/7Ah y 12V/12Ah de la marca UltraCell. En la ficha técnica se analiza la capacidad y duración de la batería en función del consumo de energía, para ello se muestra el siguiente cuadro comparativo.

Tabla 10.

Cuadro comparativo de baterías de gel de 12V

BATERÍA	CAPACIDAD	AUTONOMIA
12V/7Ah	7.00 Ah/0.350A	(20h, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	6.51 Ah/0.653A	(10h, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	6.00 Ah/1.20A	(5h, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	4.55 Ah/4.55A	(1h, 1.60V/cell, 25°C / 77°F)
12V/10Ah	10.0 Ah/0.50A	(20h, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	9.6 Ah/0.96A	(10h, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	8.7 Ah/1.74A	(5h, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	7.0 Ah/1.60A	(1h, 1.60V/cell, 25°C / 77°F)

Fuente: Tomado de UltraCell.

Para determinar cuál batería cumple con suministrar una corriente constante de 0.627A durante 16 horas, se realizó una interpolación lineal y los valores se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 11.

Cuadro de interpolación de capacidad para una batería de 12V

BATERÍA	CAPACIDAD	AUTONOMIA
12V/7Ah	6,80 Ah/0,47A	(16h, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
12V/10Ah	9,84 Ah/0,68A	(16h,1.80V/cell, 25°C / 77°F)

Fuente: Elaboración propia.

Se seleccionó la batería de 12V/10Ah; porque tiene una capacidad nominal de 10A para una autonomía de 20 horas, suministrando una corriente constante de 0.50A. Tomando los valores calculados de la tabla de interpolación lineal. para una autonomía de 16 horas la batería puede suministrar 0,68A.

La batería de 12V/10Ah es la que cumple; porque la corriente de diseño calculada es de 0,627Ah y no sobrepasa el valor de 0,68A. La alta incidencia de radiación solar que tiene la ciudad de Jaén, hace posible que la batería pueda completar su carga llegando hasta los 13,5V.



Figura 20. Batería 12V/10Ah.

Fuente: Tomado de la web Ultracell

Tabla 12.

Tabla de especificaciones para baterías solares, se muestra 2 opciones.

ESPECIFICACIONES	BATERÍA 12V/10Ah
Cantidad de Baterías	01
Numero de celdas	06
Tipo de electrolito	Gel de Silice
Voltaje Nominal	12V
Capacidad Nominal a 20 horas	10.0 Ah/0.50A
Corriente de carga	$\leq 3.0A$
Voltaje de carga	14.6V a 14.8V
Terminal Estándar	F2
Voltaje máximo	13.6V a 13.8V
Máxima descarga de corriente en 5s	270A
Resistencia interna aproximada	16m Ω
Temperatura de operación de carga	-0 a 40°C
Temperatura de operación de descarga	-15 a 50°C

Fuente: Elaboración propia.

3.2.4.4 Cálculo y selección del panel solar

Para la selección del panel solar se toma en cuenta las características técnicas de la batería, la corriente de consumo a 16 horas y las horas pico de radiación solar.

- La capacidad nominal de la batería con autonomía de 20 horas es 12V/10Ah, según tabla 10.
- La capacidad de la batería a 16 horas es 9.84 Ah/0.68A, según tabla 11.
- Según el Atlas Solar Global para la ciudad de Jaén, la irradiancia solar global acumulada por día es 5053 Wh/m², entonces dividimos entre 1000 W/m² y como resultado las horas solar pico sería 5,053 horas por día.

La batería seleccionada de 12V tiene la capacidad de 10.0 Ah/0.50A para 20 horas de autonomía, según la tabla 12, de especificaciones técnicas de la batería. Luego en la tabla 11, se muestra la interpolación lineal para una autonomía de 16 horas con la capacidad de la batería a 9,84 Ah/0,68A.

Con la siguiente ecuación se calculó la potencia del panel solar.

$$PW = \frac{V_{bat} \times Ch}{H_{sp}} \quad \dots (2)$$

Dónde:

PW es la potencia del panel solar.

V_{bat} es el voltaje de la batería.

Ch es la corriente calculada a 16 horas.

H_{sp} Son las horas solar pico de radiación solar.

Usando la ecuación (2) y reemplazando los valores se obtuvo la potencia requerida para el panel solar:

$$PW = \frac{12V \times 9,84Ah}{5,053h} = \frac{118,08Wh}{5,053h} = 23,35W$$

En el mercado el panel solar inmediato superior a 23,35W es un panel solar de 30W. Además, se eligió un panel solar monocristalino por ser de mayor eficiencia.

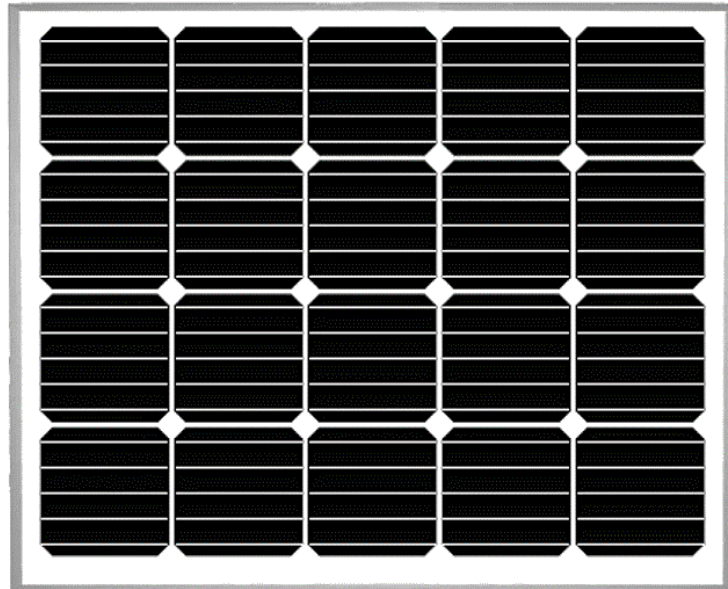


Figura 21. Panel solar monocristalino de 30W.

Fuente: Tomado de la web de Autosolar.

Tabla 13.

Especificaciones técnicas del panel solar de 30W.

ESPECIFICACIONES	PANEL SOLAR
Potencia máxima nominal	30W
Voltaje máximo	18.2
Corriente máxima	1.65A
Voltaje en circuito abierto (Voc)	22.2V
Corriente de cortocircuito (Isc)	1.8A
Voltage Maximo del Sistema	1000V
Dimensiones	450*540*25mm

Fuente: Fuente: Tomado de la web de Autosolar

3.2.4.5 Cálculo y selección del controlador de carga

El controlador de carga es el encargado de regular el voltaje y la corriente para la carga y descarga constante de la batería de 12V/10Ah, regula el voltaje del panel solar de 22.2V hasta los 14.6V-14.8V. Para la selección del controlador de carga se tomó en cuenta las características de la batería y panel solar ya seleccionados. De las especificaciones técnicas del panel solar (tabla 13), se tiene un voltaje máximo de 18.2V y la corriente máxima es de 1.65A. La batería es de 12V/10Ah con una corriente de carga no mayor de 3.0A, Ver tabla 12.

Se calculó la intensidad de corriente que soportará el regulador de carga en función de las características del panel solar y un estimado máximo del 10% como factor de carga de pérdidas por calor.

$$I_c = \frac{(V_{mp} \times I_{mp})}{V_{bat}} * F_{cp} \quad \dots (3)$$

Dónde:

I_c es la intensidad del controlador de carga.

V_{mp} es el voltaje máximo del panel solar.

I_{mp} es la corriente máxima del panel solar.

F_{cp} es el factor de carga de pérdidas.

Usando la ecuación (3) y reemplazando los valores se obtuvo la corriente máxima del controlador de carga.

$$\frac{(18,2V \times 1,65A)}{12V} * 1,10 = \frac{30,03W}{12V} * 1,10 = 2,75A$$

Al ser el resultado 2,50A, no mayor 3.0A, que es la corriente de carga de la batería de 12V/10Ah. Seleccionaremos un controlador de carga de 12V-3A.



Figura 22. Controlador de carga CMP03-12V/3A.

Fuente: Tomado de la web de Y-Solar.

Tabla 14.

Especificaciones técnicas del controlador de carga CMP03-12V/3A.

ESPECIFICACIONES	CONTROLADOR DE CARGA
Modo de carga	PWM
Voltaje nominal	12V
Corriente de carga nominal	3.0A
Voltaje de carga	14.4V
Voltaje flotador	13.8V
Máxima potencia de entrada	36W
Tiempo de trabajo	24 horas

Fuente: Fuente: Tomado de la web de Autosolar

3.2.5 Sistema de Automatización y Monitoreo Web

3.2.5.1 Esquema general y especificaciones técnicas

Se realizó el siguiente esquema de instalación para ilustrar los procesos con los instrumentos y equipos que componen el sistema de medición solar.

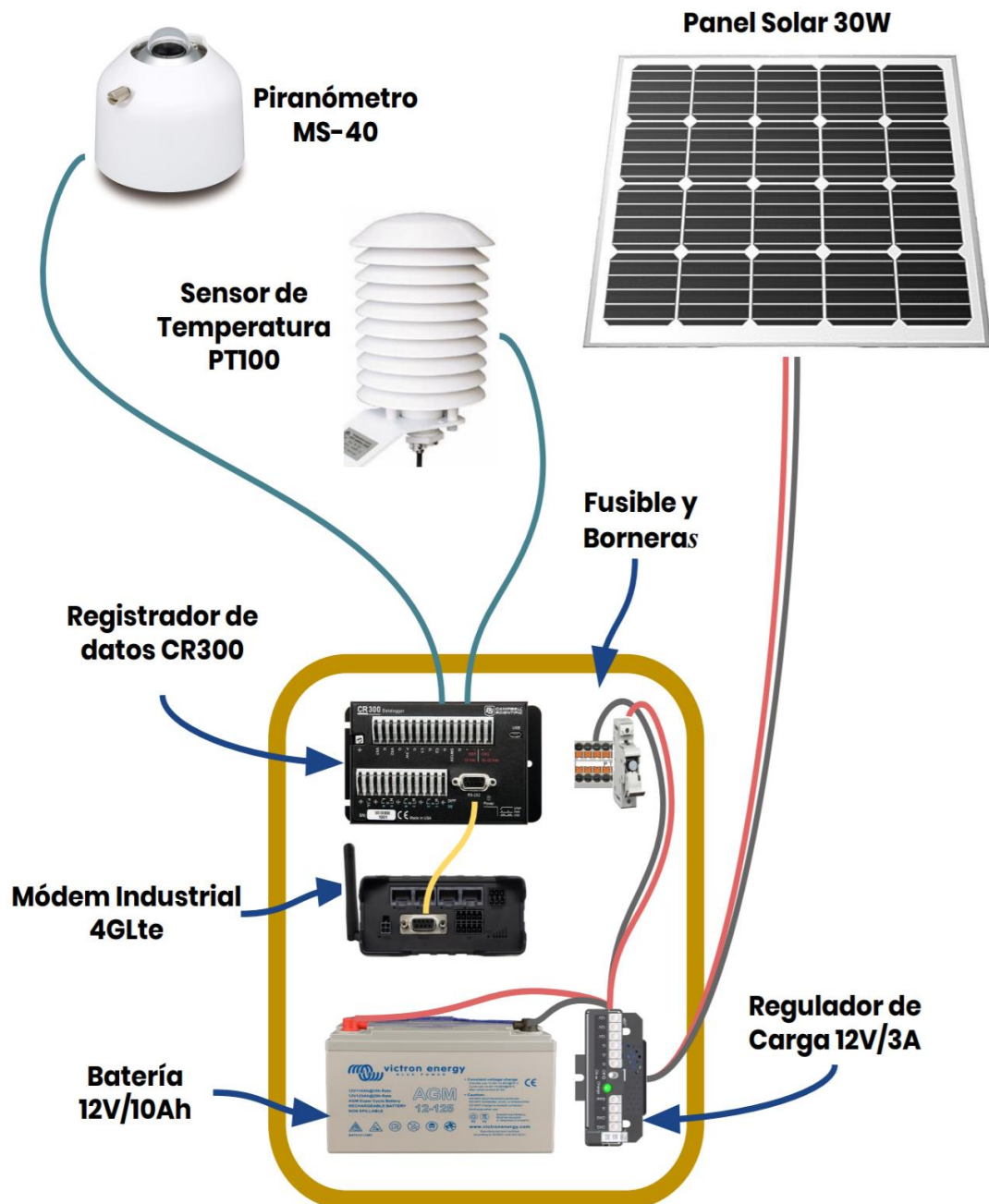


Figura 23. Esquema de Instalación de la estación de medición solar Jaén.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.5.2 Telemetría remota para administración directa

La siguiente imagen representa un esquema de administración directa a través de un túnel de red VPN, entre la computadora y el módem celular 4GLte. De esta manera podemos reconfigurar y reprogramar el registrador de datos de forma remota.

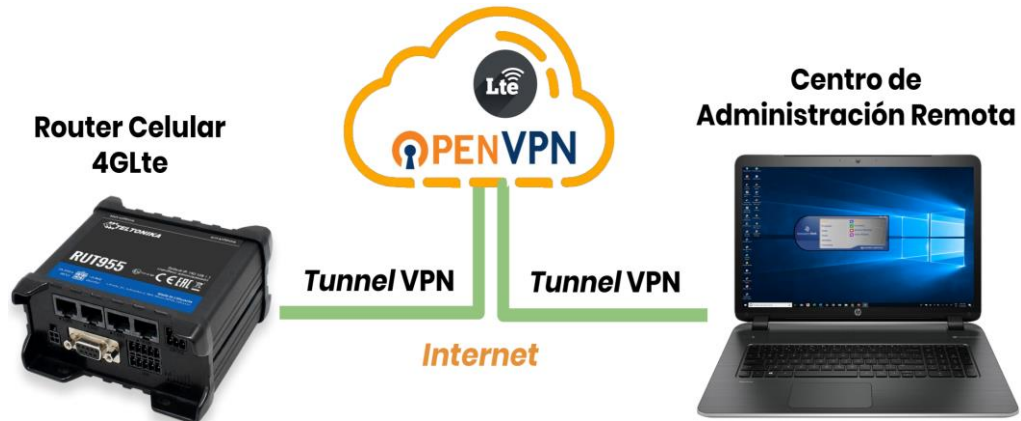


Figura 24. Esquema de transmisión de datos por túnel VPN.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.5.3 Plataforma Web de monitoreo remoto.

El desarrollo de una plataforma web para el monitoreo remoto de las mediciones de radiación solar y temperatura, utilizando tablas y gráficos dinámicos. La ventaja de tener un monitoreo web es la compatibilidad con diferentes dispositivos y solo se requiere contar con acceso a internet.

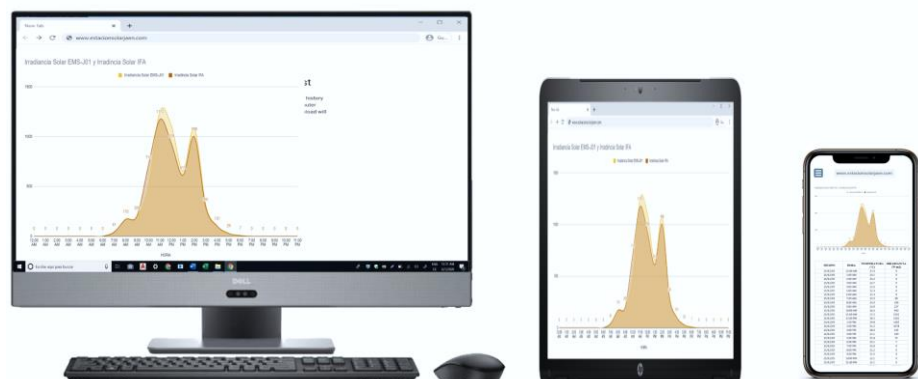
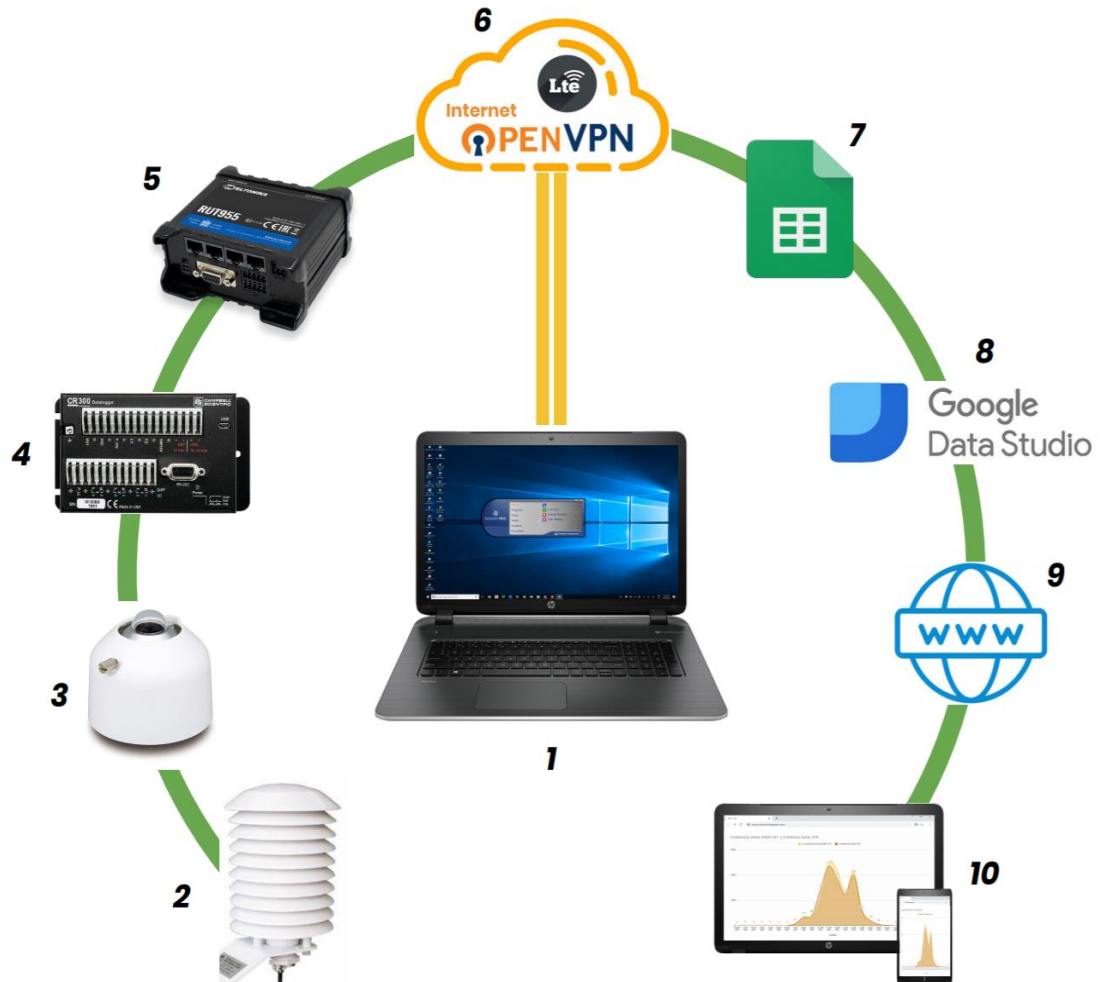


Figura 25. Visualización remota de datos en diferentes dispositivos.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.5.4 Proceso automatizado para los datos

Se realizó un esquema que describe el proceso de desarrollo y operación del sistema automatizado con telemetría para el registro, transmisión, procesamiento y monitoreo de datos.



- | | |
|--------------------------|------------------------|
| 1. Central de Datos | 6. Internet - OpenVPN |
| 2. Sensor de Temperatura | 7. Análisis de Datos |
| 3. Sensor Piranómetro | 8. Cálculos y Gráficos |
| 4. Registrador de Datos | 9. Publicación Web |
| 5. Módem Industrial | 10. Visualización Web |

Figura 26. Esquema de configuración del proceso automatizado de datos.

Fuente: Elaboración propia

3.3. Presupuesto de Inversión, Operación y Mantenimiento

3.3.1 Presupuesto de inversión

Se elaboró el presupuesto de inversión, porque corresponde al costo económico que implica la implementación de una estación de medición solar.

Tabla 15.

Costo total de inversión del proyecto de estación de medición solar.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1.00	INSTRUMENTACIÓN SOLAR				S/8 375,00
1.01	Piranómetro MS-40 con 10m de cable	Und.	1	S/ 2 400,00	S/2 400,00
1.02	Termistor MT-052-T con 10m de cable	Und.	1	S/978,00	S/978,00
1.03	Escudo de protección solar	Und.	1	S/710,00	S/710,00
1.04	Registrador de datos CR300	Und.	1	S/2 727,00	S/2,727,00
1.05	RUT230 Radio Modem	Und.	1	S/815,00	S/815,00
1.06	Cable Serial DB9	Und.	1	S/35,00	S/35,00
1.07	PC NUC Intel Celeron	Und.	1	S/700,00	S/700,00
1.08	Tarjeta SIM 4GLte	Und.	2	S/5,00	S/10,00
2.00	SOFTWARE DE CONFIGURACIÓN				S/800,00
2.01	LoggerNet CSI - Versión 4.5	Und.	1	S/800,00	S/800,00
3.00	ADMINISTRACIÓN DE DATOS				S/83,40
3.01	OpenVPN	Und.	1	S/20,00	S/20,00
3.02	Hoja de cálculo de Google	Und.	1	S/0,00	S/0,00
3.03	Estudio de datos de Google	Und.	1	S/0,00	S/0,00
3.04	Dominio web	Und.	1	S/3,50	S/3,50
3.05	Hosting Web	Und.	1	S/30,00	S/30,00
3.06	Plan de datos - operador móvil	Und.	1	S/29,90	S/29,90
4.00	MÓDULO FOTOVOLTAICO				S/310,60
4.01	Panel Solar 30W	Und.	1	S/105,00	S/105,00
4.02	Regulador de carga 12V/3A	Und.	1	S/35,00	S/35,00
4.03	Batería 12V/10Ah	Und.	1	S/90,00	S/90,00
4.04	Porta fusible	Und.	1	S/5,00	S/5,00
4.05	Fusible 1A	Und.	1	S/1,00	S/1,00

4.06	Multímetro digital	Und.	1	S/62,00	S/62,00
4.07	Cable vulcanizado 2x14AWG	m	3	S/3,00	S/9,00
4.07	Cable conductor 2x18AWG	m	2	S/1,80	S/3,60
5.00 ESTRUCTURAL					S/395,00
5.01	Trípode de Aluminio	Und.	1	S/90,00	S/90,00
5.02	Soporte para piranómetro	Und.	1	S/50,00	S/50,00
5.03	Soporte para escudo solar	Und.	1	S/25,00	S/25,00
5.04	Caja hermética IP67	Und.	1	S/230,00	S/230,00
6.00 INSTALACIÓN					S/717,00
6.01	Examen médico ocupacional	Und.	1	S/95,00	S/95,00
6.02	Seguro contra todo riesgo	Und.	1	S/52,00	S/52,00
6.03	Seguro de vida ley	Und.	1	S/0,00	S/0,00
6.04	Equipo de Protección Personal	Und.	1	S/100,00	S/100,00
6.05	Materiales y herramientas	Und.	1	S/50,00	S/50,00
6.06	Montaje de equipos y sensores	Und.	1	S/120,00	S/120,00
6.07	Configuración y puesta en marcha	Und.	1	S/300,00	S/300,00
PRESUPUESTO TOTAL (Incluye IGV)					S/10 681,00

Fuente: Elaboración propia

El presupuesto económico de inversión para el proyecto de investigación “Diseño e Implementación de un Sistema Automatizado con Telemetría para Medir, Registrar y Monitorear Radiación Solar y Temperatura, en la Ciudad de Jaén”; tiene el costo total de 10 681,00 soles. El costo ya incluye el IGV.

3.3.2 Presupuesto de operación y mantenimiento anual

Se elaboró el presupuesto de operación y mantenimiento anual, porque corresponde al costo económico que implica mantener en el tiempo operativa y calibrada la estación de medición solar.

Tabla 16.

Costo total de operación y mantenimiento anual, de estación de medición solar.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1.00	OPERACIÓN DEL SISTEMA				S/1 014,80
1.01	OpenVPN	mes	12	S/20,00	S/240,00
1.02	Google Sheets	mes	12	S/0,00	S/0,00
1.03	Google Data Estudio	mes	12	S/0,00	S/0,00
1.04	Dominio web	año	1	S/56,00	S/56,00
1.05	Hosting Web	mes	12	S/30,00	S/360,00
1.06	Plan de datos - operador móvil	mes	12	S/29,90	S/358,80
2.00	MANTENIMIENTO PREVENTIVO				S/601,00
2.01	Mantenimiento de sistema fotovoltaico	año	1	S/50,00	S/50,00
2.02	Mantenimiento de equipos y sensores	año	1	S/120,00	S/120,00
2.03	Reconfiguración y puesta en marcha	año	1	S/300,00	S/300,00
2.04	Regulador de carga 12V/3A	Und.	1	S/35,00	S/35,00
2.05	Batería 12V/10Ah	Und.	1	S/90,00	S/90,00
2.06	Fusible 1A	Und.	1	S/1,00	S/1,00
2.07	Tarjeta SIM	Und.	1	S/5,00	S/5,00
3.00	RECALIBRACIÓN - 2 AÑOS				S/600,00
3.01	Recalibración de piranómetro MS-40	año	1	S/600,00	S/600,00
4.00	RECALIBRACIÓN - 1 AÑO				S/75,00
4.01	Recalibración de sensor PT100	año	1	S/75,00	S/75,00
PRESUPUESTO TOTAL (Incluye IGV)					S/2 215,80

Fuente: Elaboración propia

El presupuesto económico para operación, mantenimiento preventivo y calibración de instrumentos por el periodo de un año para la estación de medición solar; tiene el costo total de 2 215,80 soles. El costo ya incluye el IGV.

3.4. Implementación del Sistema Automatizado con Telemetría

3.4.1 Diagrama de procesos

Se realizó el siguiente cuadro llamado diagrama de procesos por actividades y tarea, para la etapa de instalación de equipos e instrumentos, como parte de la implementación del sistema automatizado con telemetría para medir, registrar y monitorear radiación solar y temperatura.

Se elaboró el siguiente formato de diagrama de procesos, para organizar el trabajo de instalación en campo.

Estación de Medición Solar JAÉN	DIAGRAMA DE PROCESOS POR ACTIVIDADES Y TAREAS	EMS-J01 Versión: 1.0 Página 1 / 1
Fecha de Elaboración: 06 de diciembre del 2019 Realizado por: Bach. Cleyner Felipe Jiménez Díaz Aprobado por: Ing. Walter Linder Cabrera Torres		
PROCESO / SUB PROCESO <i>1. Instalación y configuración del sistema automatizado con telemetría</i>		
ACTIVIDAD	TAREAS	RUTINARIO
1.1. <i>Trabajos Generales</i>	1.1.1. <i>Orden, limpieza y traslado de herramientas y equipos.</i>	<i>Si</i>
1.2. <i>Instalación y Configuración</i>	1.2.1. <i>Instalación de trípode, equipos y sensores.</i> 1.2.2. <i>Configuración de equipos y sensores</i>	<i>Si</i> <i>Si</i>

Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Procedimiento escrito de trabajo seguro

Se elaboró el siguiente procedimiento de trabajo seguro PETS-01A, para establecer un orden en la ejecución de las actividades y garantizar el trabajo seguro. Se realizó tomando en cuenta recomendaciones de la Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos de la Organización Meteorológica Mundial; y una consideración general del Estándar de Seguridad y Salud Ocupacional ISO 45001.

A continuación, se elaboró el siguiente formato PETS-01A, para aplicación en la instalación en campo de la estación de medición solar Jaén.

PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO		
(PETS-01A)		
Versión 1.0	Instalación y Configuración del Sistema Automatizado con Telemetría	Página 1/5
<p>1. PERSONAL</p> <p>1.1. Bach. Cleyner F. Jiménez Díaz</p> <p>2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL</p> <p>2.1. Guantes de seguridad</p> <p>2.2. Lentes de seguridad</p> <p>2.3. Casco de seguridad</p> <p>2.4. Zapatos punta de acero</p> <p>2.5. Protector solar 50spf</p> <p>3. EQUIPOS / SENSORES</p> <p>3.1. Piranómetro MS-40</p> <p>3.2. Escudo solar para piranómetro MS-40</p> <p>3.3. Sensor de temperatura MT-052-T</p> <p>3.4. Escudo solar de 10 platos para MT-052-T</p> <p>3.5. Registrador de datos CR300</p> <p>3.6. Módem celular industrial RUT955</p> <p>3.7. Cable Serial DB9</p> <p>3.8. PC NUC Intel Celeron</p> <p>3.9. Tarjeta SIM</p> <p>3.10. Panel solar 30W</p> <p>3.11. regulador de carga 12V/3A</p> <p>3.12. Batería 12V/10Ah.</p> <p>3.13. Portafusible/fusible 1A.</p> <p>3.14. Portafusible/fusible 1A.</p> <p>3.15. Multímetro digital</p> <p>3.16 Medidor múltiple (Temperatura y humedad relativa)</p>		

PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO (PETS-01A)		
Versión 1.0	Instalación y Configuración del Sistema Automatizado con Telemetría	Página 2/5
<p>4. RECURSOS</p> <p>4.1. Laptop</p> <p>4.1. Programa Loggernet y protocolo OpenVPN.</p> <p>4.2. Certificados de Calibración de sensores</p> <p>5. HERRAMIENTAS / MATERIALES</p> <p>5.1. Desarmador estrella</p> <p>5.2. Desarmador plano</p> <p>5.3. Juego de Perilleros</p> <p>5.4. Llave hexagonal</p> <p>5.5. Alicata de corte</p> <p>5.6. Alicata pelacables</p> <p>5.7. Pernos y abrazaderas.</p> <p>5.8. Trípode de aluminio negro.</p> <p>5.9. Soporte de metal para piranómetro.</p> <p>5.10. Soporte de metal para sensor de temperatura.</p> <p>5.11. Cable vulcanizado 2m 2x18AWG.</p> <p>5.12. Cinta aislante</p> <p>6. PROCEDIMIENTO</p> <p>El supervisor realizará la reunión de seguridad al personal con una duración mínima de 5 minutos. Así mismo el supervisor dará la orden de iniciar los trabajos al personal que tenga puesto su EPP adecuado y haya llenado correctamente el formato IPER-C. La ejecución del proceso de instalación y configuración se desarrollará con los siguientes pasos:</p> <p>✓ Paso 1: Llenar el formato IPER Continuo con una correcta evaluación de los peligros existentes en el área de trabajo con una evaluación según la matriz de riesgos.</p>		

**PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO
(PETS-01A)**

Versión 1.0

Instalación y Configuración del
Sistema Automatizado con Telemetría

Página 3/5

- ✓ **Paso 2:** Realizar la limpieza y señalización del área de trabajo donde se va a realizar la instalación de la estación de medición solar. Se recomienda señalar el área de trabajo.

- ✓ **Paso 3:** Medir con equipo medidor múltiple los parámetros ambientales iniciales de operación, como son la temperatura y la humedad relativa. Tomar fotografías y registrar los valores de las mediciones en una hoja de datos.

- ✓ **Paso 4:** Movilizar los sensores, equipos, herramientas y materiales hacia el área de trabajo, manteniendo el orden y limpieza. Colocar los mismos en una zona segura del área de trabajo.

- ✓ **Paso 5:** Montar, fijar y asegurar con pernos la estructura del trípode de aluminio con la base. Al mismo tiempo instalar los soportes de metal del piranómetro y el sensor de temperatura.

- ✓ **Paso 6:** Instalar el sensor piranómetro en su base, fijar y asegurar con pernos. Luego colocar la carcasa de plástico de protección solar y verificar que el nivel de burbuja del instrumento indique cuándo el plano de la termopila se halla en posición horizontal. Todo se debe realizar siguiendo la guía de instalación rápida y el manual de usuario. Fijar con relación al Norte y 5° de cualquier sombra.

- ✓ **Paso 7:** Instalar el sensor de temperatura, fijar y asegurar en el interior del escudo de radiación solar de 10 platos. Todo se debe realizar siguiendo la guía de instalación rápida y el manual de usuario.

- ✓ **Paso 8:** Instalar el panel solar, fijar y asegurar con pernos, luego medir el voltaje de generación. Se debe aislar los extremos del cable para evitar un cortocircuito.

PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO (PETS-01A)		
Versión 1.0	Instalación y Configuración del Sistema Automatizado con Telemetría	Página 4/5
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Paso 9: Distribuir, fijar y asegurar al interior de la caja hermética los equipos: el registrador de datos, el módem celular industrial, el regulador de carga, la batería, el portafusible y las borneras. Cablear internamente la alimentación eléctrica para cada equipo. ✓ Paso 10: Fijar y asegurar con pernos la caja hermética con el trípode de aluminio. Revisar que todo esté en su lugar al interior y que ningún equipo o accesorio interfiera al momento de cerrar la tapa. ✓ Paso 11: Realizar el cableado externo del panel solar al regulador de carga, con 1.20m de cable vulcanizado 2x18AWG. Luego cablear hasta el portafusible (fusible de 1A). Respetando la polaridad de positivo y negativo. ✓ Paso 12: Realizar el cableado del piranómetro y sensor de temperatura al interior de la caja hermética y conectar con el registrador de datos. El cable no utilizado deberá ser enrollado. La conexión de los terminales de los sensores con el registrador de datos se debe realizar siguiendo la guía de instalación rápida y el manual de usuario. ✓ Paso 13: Usar el cable serial RS232 tipo DB9, para comunicar el registrador de datos con el módem celular industrial. ✓ Paso 14: Revisar y asegurarse que el cableado y todas las conexiones se encuentren en su lugar para así evitar cortes, cortocircuitos, pérdidas materiales y económicas. Se deberá utilizar un multímetro digital y tomar mediciones de continuidad, voltaje y corriente. 		

PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO (PETS-01A)		
Versión 1.0	Instalación y Configuración del Sistema Automatizado con Telemetría	Página 5/5
<p>✓ Paso 15: Configurar la comunicación OpenVPN-cliente en el módem celular industrial y OpenVPN-servidor en la computadora de monitoreo.</p> <p>✓ Paso 16: En una laptop instalar el programa Loggernet V.4.5 con los drivers, y realizar la configuración Setup para agregar el registrador de datos como nuevo equipo. Luego configurar los sensores con ShortCut, considerando los valores y parámetros del certificado de calibración. El registro de datos debe ser cada 1 hora.</p> <p>✓ Paso 17: Usar CRBasic Editor para compilar y subir la programación en lenguaje CRBasic al registrador de datos y luego comprobar el estado de operatividad.</p> <p>✓ Paso 18: Realizar una limpieza del lugar, recoger las herramientas y guardarlas ordenadamente. Se debe aplicar el manejo de residuos sólidos.</p> <p>7. RESTRICCIONES</p> <p>7.1. Prohibido realizar las labores sin el EPP correspondiente o en mal estado.</p> <p>7.2. Prohibido realizar el trabajo si el personal no esté capacitado y/o entrenado.</p> <p>7.3. Prohibido realizar el trabajo sin evaluar, ni llenar las herramientas de gestión de seguridad y salud ocupacional (IPER).</p> <p>7.4. Prohibido realizar trabajos en intemperie cuando se presente clima desfavorable: (lluvias, granizada y tormentas eléctricas).</p>		

3.4.3 Matriz IPER-C

Se realizó la matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgo (IPER-C), aplicado a las actividades y tareas descritas en el cuadro de diagrama de procesos. Es importante identificar correctamente la relación de severidad y frecuencia según la matriz de evaluación de riesgos.

Se elaboró el siguiente formato IPER-C, y se aplicó en la instalación de la estación de medición solar Jaén.

IPER-C									
IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y DETERMINACIÓN DE CONTROLES									
Fecha	Hora	Nivel / Área	Apellidos y Nombres				Firma		
4/12/2019	8:00am	Instrumentación Solar	Cleyner Felipe Jiménez Díaz				<i>Cleyner Jim</i>		
NIVEL DE RIESGO		MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS							
Alto	Riesgo intolerable, requiere controles inmediatos. Si no se puede controlar el PELIGRO se paralizan los trabajos operacionales en la labor.	SEVERIDAD	Catastrófico	1	1	2	4	7	11
			Fatalidad	2	3	5	8	12	16
			Permanente	3	6	9	13	17	20
Temporal	4		10	14	18	21	23		
Menor	5		15	19	22	24	25		
Medio	Iniciar medidas para eliminar/reducir el riesgo. Evaluar si la acción se puede ejecutar de manera inmediata	Alto	A	B	C	D	E		
		Medio	Común	Ha sucedido	Podría suceder	Raro que suceda	Practic. imposible		
Bajo	Este riesgo puede ser tolerable.	Bajo	PROBABILIDAD						
Actividad Principal	<i>Instalación y configuración del sistema automatizado con telemetría</i>								
PELIGRO ¿QUÉ PUEDE DAÑAR? Fuente, Situación o Acto Peligroso / Elemento de Actividad, Producto, Servicio	RIESGO ¿QUÉ PUEDE PASAR? Posible Evento o Exposición Peligrosa	Evaluación IPER			CONTROLES ¿QUÉ PUEDO HACER? FUENTE: Eliminación, Sustitución, Control de Ingeniería MEDIO: Señalización, Alertas y/o Controles Administrativos RECEPTOR: Equipo de Protección Personal.	Evaluación Riesgo Residual			
		A	M	B		A	M	B	
<i>Gradas de escalera</i>	<i>Caidas a diferente nivel, moretones y huesos rotos.</i>		13		<i>Subir adecuadamente los escalones de la escalera y uso adecuado de EPP.</i>			17	
<i>Herramientas manuales</i>	<i>Golpes y cortes en las manos u otras partes del cuerpo por manipulación de herramientas.</i>			22	<i>Uso adecuado de guantes de seguridad y zapatos punta de acero.</i>			24	
<i>Corriente continua</i>	<i>Cortocircuito y quemaduras de primer grado en la piel.</i>			22	<i>Aislar correctamente cables expuestos, uso adecuado de guantes y zapatos puntas de acero.</i>			24	
<i>Radiación solar</i>	<i>Enrojecimiento de la piel por exposición prolongada.</i>		14		<i>Usar lentes de seguridad color negro con protección UV, usar casco de seguridad y bloqueador solar 50spf,</i>			18	
SECUENCIA PARA CONTROLAR EL PELIGRO Y REDUCIR EL RIESGO									
1) Eliminación y Sustitución				3) Señalización, Alertas y/o Controles Administrativos.					
2) Control de Ingeniería				4) Uso de EPP.					
DATOS DE LOS SUPERVISORES QUE VERIFICAN LA EJECUCIÓN SEGURA DE LA TAREA									
Hora	Apellidos y Nombres				Firma				
8:00am	Jiménez Díaz, Cleyner				<i>Cleyner Jim</i>				

Fuente: Elaboración propia, basado en el Estándar de Seguridad y Salud Ocupacional ISO 45001

3.4.4 Instalación y configuración

La instalación en campo se realizó siguiendo el procedimiento escrito de trabajo seguro (PETS-01A) y la matriz IPERC. Durante el trabajo se aplicó controles para reducir los riesgos. A continuación, se muestran fotografías de las actividades realizadas en campo.

3.4.4.1 Instalación de la Estación de Medición solar.

Recibido los instrumentos, se realizó la inspección visual de los sensores, para verificar que son nuevos y se encuentren en buen estado.



Figura 27. Verificación visual de sensor piranómetro.

Fuente: Elaboración propia.

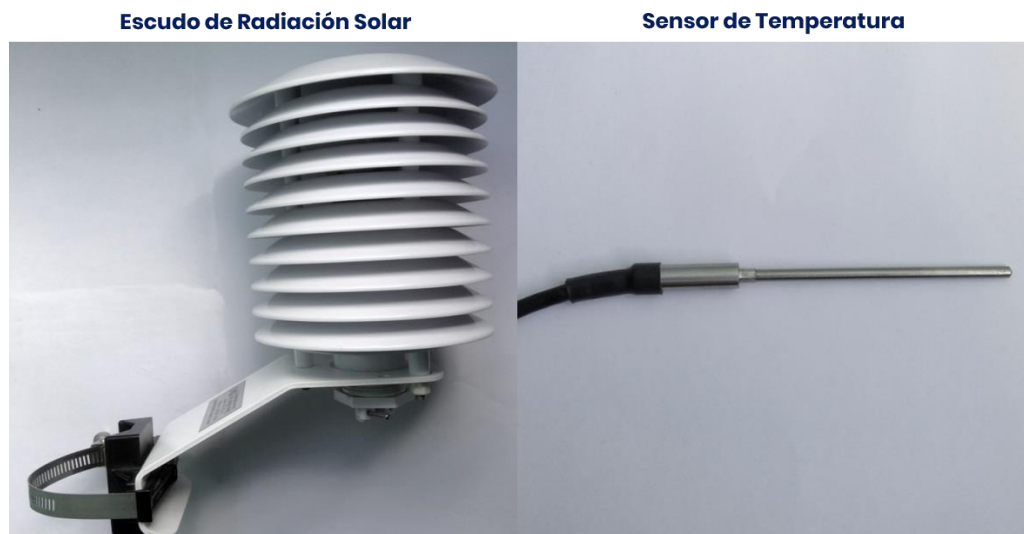


Figura 28. Verificación visual de sensor de temperatura.

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó el montaje de los sensores a sus bases metálicas, acondicionadas para instalación en el mástil del trípode. Además, se verificó que los sensores tengan la etiqueta de la marca EKO Instruments y para el piranómetro se verificó que valor de sensibilidad del piranómetro sea el mismo con el certificado de calibración de fábrica.



Figura 29. Instalación en base metálica de piranómetro.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 30. Instalación en base metálica del sensor de temperatura.

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó el montaje y cableado de los equipos y accesorios del sistema automatizado con telemetría, incluido el regulador de carga y la batería; dentro de la caja de protección.

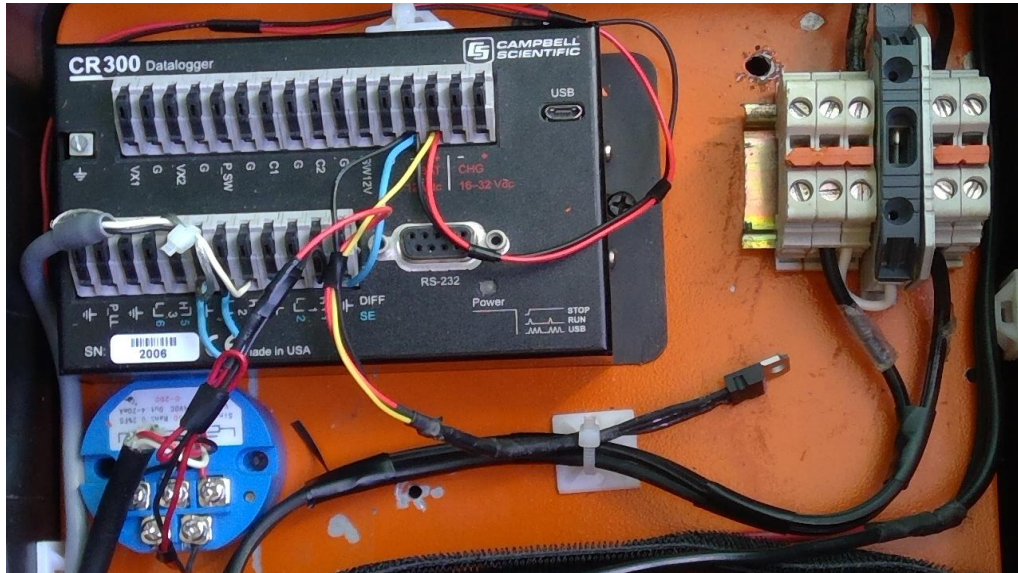


Figura 31. Conexión del registrador de datos, transmisor RTD, estabilizador de voltaje y fusible.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 32. Caja de equipos de automatización y telemetría, resistente para exteriores.

Fuente: Elaboración propia.

Ya en campo, se realizó la medición de las condiciones ambientales en el punto de ubicación, midiendo la temperatura y humedad relativa a las 3:00pm día 15/12/2019. Se utilizó el equipo de multimediación LM-8010, marca Lutron.



Figura 33. Condiciones ambientales en el punto de instalación.

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó una marca en el piso, para luego armar la base del trípode.



Figura 34. Montaje de trípode de aluminio.

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó el montaje del panel solar monocristalino de 50W, la base del panel solar se fija al trípode.



Figura 35. Montaje de panel solar de 50W.

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó el montaje del piranómetro con el trípode.



Figura 36. Montaje del piranómetro.

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó la calibración de la burbuja de nivel, respecto al plano horizontal.



Figura 37. Calibración del nivelador.

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó el montaje del sensor de temperatura con el trípode.



Figura 38. Montaje de sensor de temperatura.

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó la instalación de la caja con equipos y se conectó el cable de los sensores y el panel solar al interior de la caja.



Figura 39. Montaje de caja y cableado de sensores.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.4.2 Configuración y programación

Configuración de piranómetro: Para la configuración del sensor piranómetro MS-40, el cable de señal se conectó con el registrador de datos de la siguiente manera:

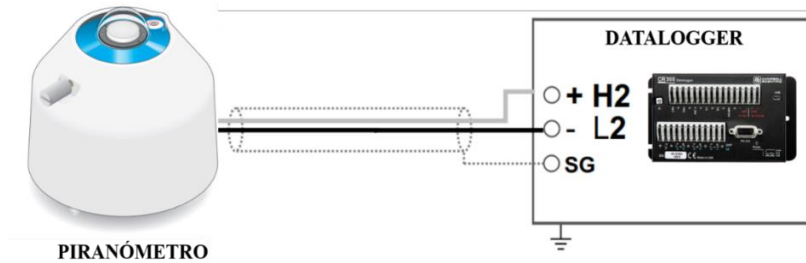


Figura 40. Diagrama de conexión del piranómetro MS-40.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17.

Tabla de colores del cable del piranómetro MS-40

N°	COLOR DE CABLE	PIRANÓMETRO MS-40
1	Blanco	mV(+)
2	Negro	mV(-)
Shield	Tierra	FG

Fuente: Elaboración propia.

Configuración del sensor de temperatura: Para la configuración del sensor de resistencia de platino PT100, el cable de señal se conectó con el registrador de datos de la siguiente manera:

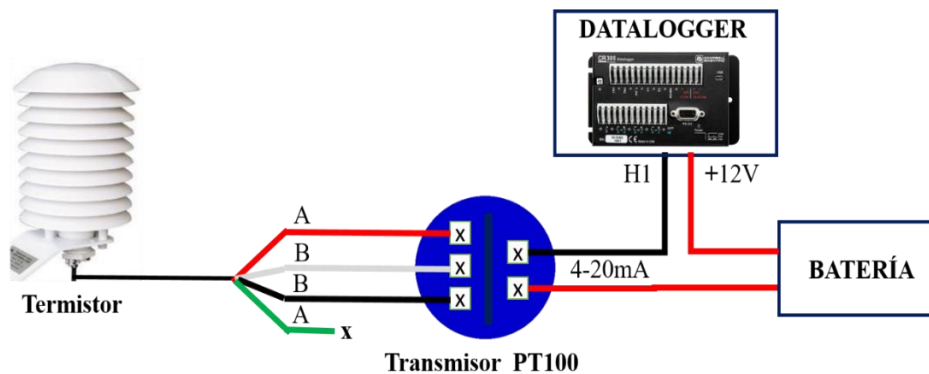


Figura 41. Diagrama de conexión del termistor MT-010 con transmisor RTD.

Fuente: Elaboración propia.

Configuración de OpenVPN: Se realizó la configuración del protocolo OpenVPN y el enrutamiento de IP en el servidor, se realizó siguiendo el siguiente esquema:



Figura 42. Esquema de comunicación de datos por VPN.

Fuente: Elaboración propia.

Instalación de programa: Se realizó la instalación del programa LoggerNet V4.5, en el sistema operativo Windows10/64bits de 4GB de RAM, Intel Celeron.



Figura 43. Captura de interfaz de software Loggernet.

Fuente: Elaboración propia.

Configuración Setup: Se agregó el registrador de datos a través de comunicación serial.

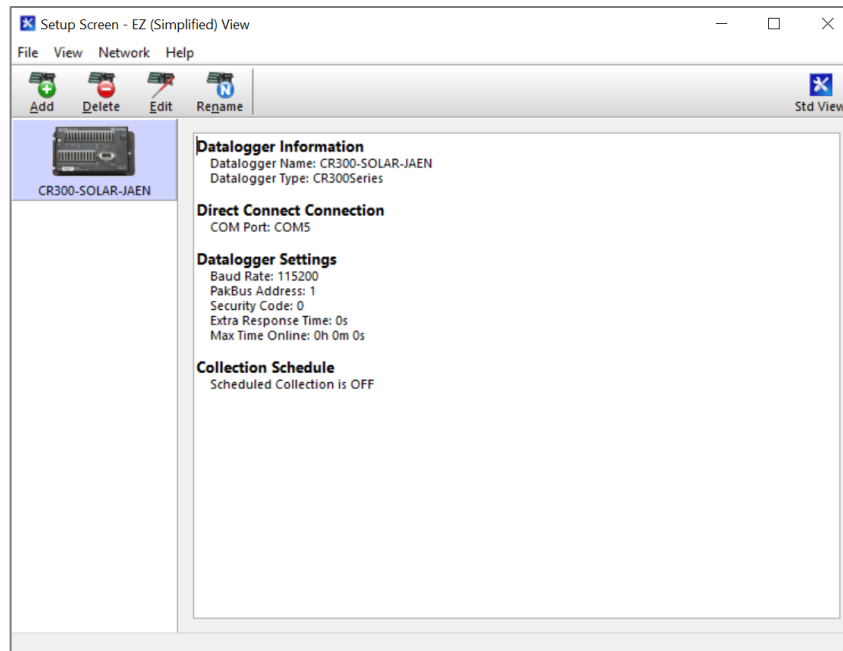


Figura 44. Configuración *Setup* del registrador de datos.

Fuente: Elaboración propia.

Configuración ShortCut: Se configuró y creó un programa para los sensores.

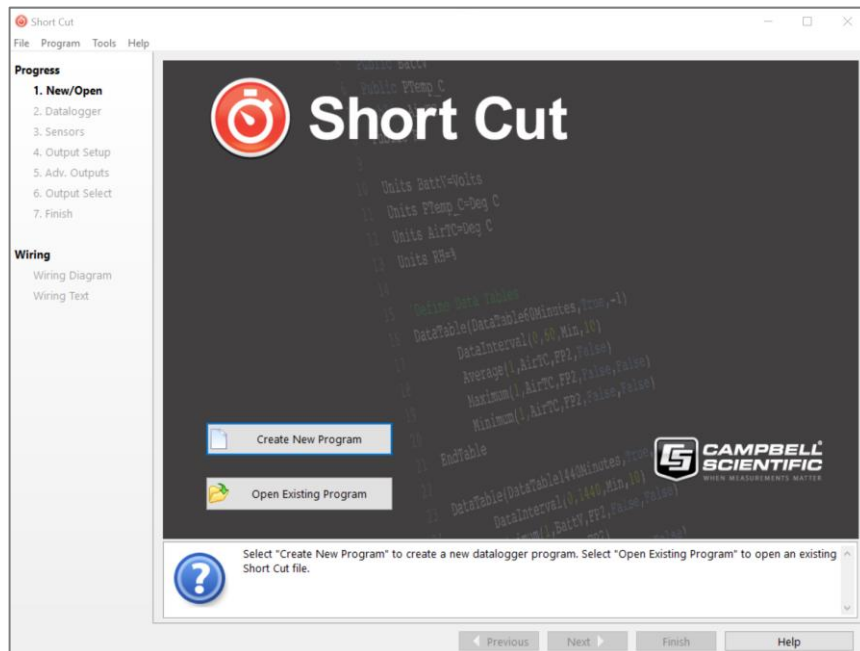


Figura 45. Configuración *Short Cut* del registrador de datos.

Fuente: Elaboración propia.

Programación CRBasic: Con el módulo CRBasic Editor, se realizó la revisión, compilación y el envío del programa de medición al registrador datos.

```

1 'Registrador de datos CR300
2 'Declaración de Variables y Unidades
3 Public BattV
4 Public PTemp_C
5 Public Temperatura
6 Public Irradiancia
7
8 Units BattV=Volts
9 Units PTemp_C=Deg C
10 Units Temperatura=C
11 Units Irradiancia=W/m^2
12
13 'Se define una tabla para el registro de Irradiancia y Temperatura,
14 'Con un registro cada 60 minutos.
15 DataTable(Table1,True,-1)
16   DataInterval(0,60,Min,10)
17   Sample(1,BattV,FP2)
18   Sample(1,PTemp_C,FP2)
19   Sample(1,Temperatura,FP2)
20   Average(1,Temperatura,FP2,False)
21   Sample(1,Irradiancia,FP2)
22   Average(1,Irradiancia,FP2,False)
23 EndTable
24
25 'Programa Principal
26 BeginProg
27   'Toma de lectura
28   Scan(60,Sec,1,0)
29   'Medición por defecto de la batería del registrador de datos: 'BattV'
30   Battery(BattV)
31   'medición por defecto de la temperatura del registrador de datos: 'PTemp_C'
32   PanelTemp(PTemp_C,60)
33   'Medida genérica de entrada de 4-20 mA, Sensor PT100: 'Temperatura'
34   CurrentSE(Temperatura,1,mV2500,1,True,0,60,13.5625,-54.25)
35   'MS-40 Medición de Piranmetro 'Energia' e 'Irradiancia'
36   VoltDiff(Irradiancia,1,mV34,2,True,0,60,1,0)
37
38   'Llamada de tabla y datos guardados.
39   CallTable Table1
40   NextScan
41 EndProg

```

Figura 46. Programación en CRBasic para lectura y registro de sensores.

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Procesamiento y Visualización

Descarga de datos: Se visualizó y descargó los datos remotamente de la estación.

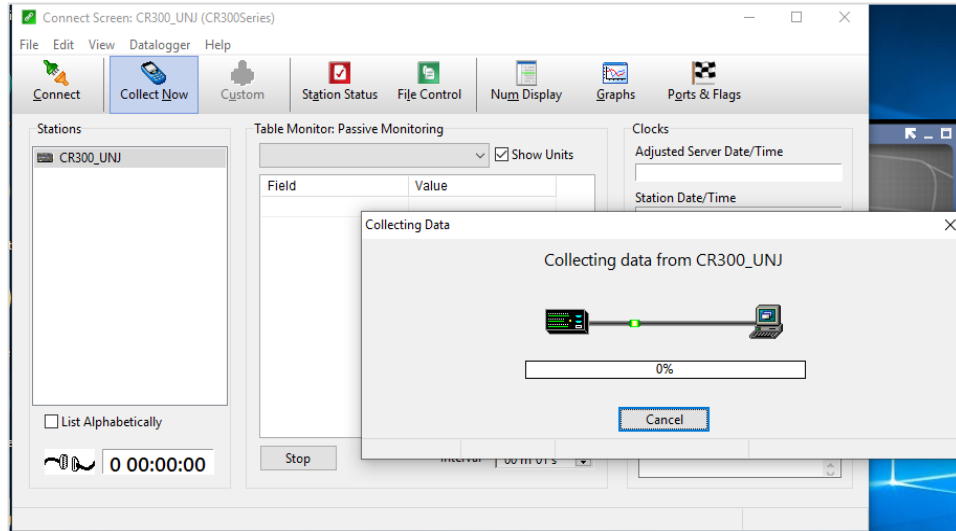


Figura 47. Comunicación del registrador de datos con software Loggernet.

Fuente: Elaboración propia.

Hoja de datos: Los datos se procesaron en la nube con una hoja de cálculo de Google almacenados en una carpeta de Google Drive.

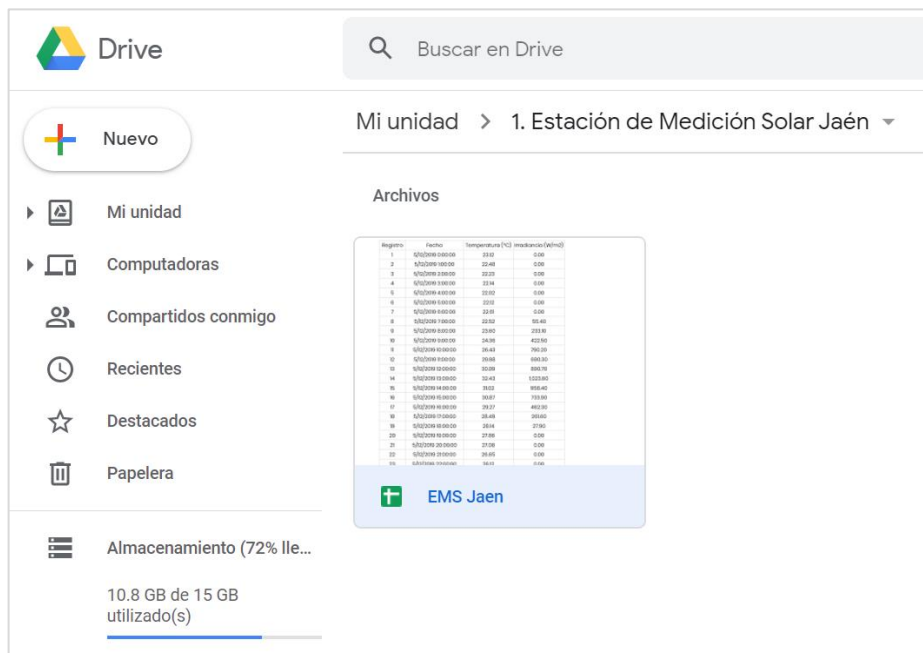


Figura 48. Directorio donde se guardan los datos descargados.

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico de datos: Se realizó los gráficos en series de tiempo en Google Data Estudio.

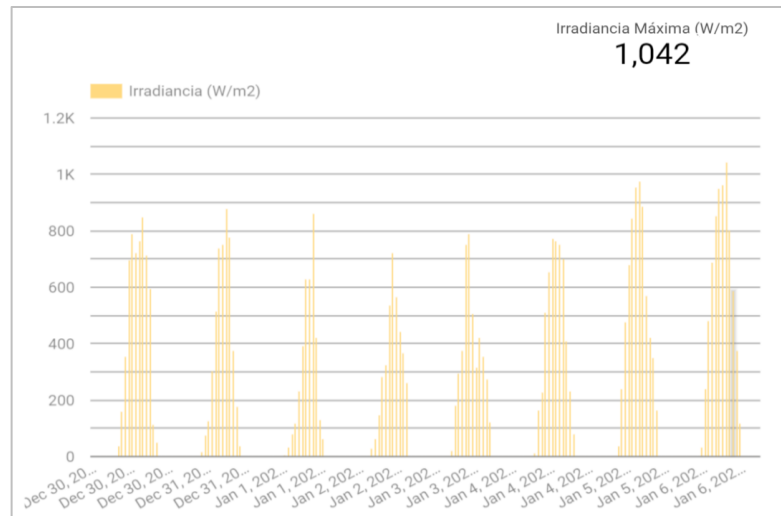


Figura 49. Gráficos de series de tiempo con Google Data Estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Publicación de datos: Los datos se publicaron en la siguiente dirección web: <https://www.estacionsolarjaen.online/monitoreo-solar> y es de acceso público.



Figura 50. Captura de la página web para monitoreo de la estación de medición solar.

Fuente: Elaboración propia.

IV. RESULTADOS

4.1. Implementación de la Estación de Medición Solar Jaén



Figura 51. Estación de Medición solar Jaén para irradiancia solar y temperatura.

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Especificaciones técnicas de la estación de medición solar

La siguiente tabla muestra las características técnicas de todo el sistema automatizado con telemetría, como resultado del diseño del proyecto. Para la implementación el resultado fue una estación de medición solar con piranómetro, sensor de temperatura y administración remota de datos.

Tabla 18.

Especificaciones técnicas del controlador de carga CMP03-12V/3A.

ESPECIFICACIONES	EMS-JAÉN
Sensores analógicos	Piranómetro y temperatura
Piranómetro ISO 9060:2018	Clase C
Tipo de piranómetro	Termopila
Rango del piranómetro	0 a 2000W/m ²
Longitud de onda del piranómetro	285 – 3000 nm
Error espectral del piranómetro	+/- 0.2 %
Sensibilidad del piranómetro	Aprox. A 10 μ V/W/m
Sensor de temperatura	Tipo PT100
Rango del sensor de temperatura	-30°C a 59°C
Protección contra radiación solar	Escudo solar de plástico
Registrador de datos	CR300
Entradas y salidas	6 analógicas y 7 digitales
Modem industrial celular	RUT 955
Transmisión de datos	Red Celular 4Glte
Protocolos de internet	Ethernet y Wi-Fi
Protocolos de comunicación	RS232, RS485 y Modbus
Cable serial RS232	DB9
Panel solar	30W
Regulador de carga	12V/3A
Batería	12V/10Ah
Fusible	1A

Fuente: Fuente: Tomado de la web de Autosolar

4.3. Datos de radiación solar y temperatura

A través de la administración remota por OpenVPN, se realizó la descarga del archivo “CR300-EMS-Jaen.dat” de la estación de medición solar, y se tomó como una muestra del registro de radiación solar y temperatura, el día 21-12-2019 desde las 00:00Hrs hasta las 23:00Hrs.

Tabla 19.

Muestra de registro diario de la Estación de Medición Solar Jaén.

TIEMPO	VOLTAJE (V)	TEMP- INTERNA (°C)	TEMPERATURA (°C)	IRRADIANCIA (W/m²)
12/21/2019 0:00	12.72	26.87	22,87	0
12/21/2019 1:00	12.69	26.8	22,81	0
12/21/2019 2:00	12.65	26.37	22,24	0
12/21/2019 3:00	12.62	25.6	22,09	0
12/21/2019 4:00	12.58	25.42	21,36	0
12/21/2019 5:00	12.53	25.32	21,39	0
12/21/2019 6:00	12.49	25.32	22,35	0
12/21/2019 7:00	12.51	25.86	22,25	55,87
12/21/2019 8:00	12.61	26.86	23,22	153,4
12/21/2019 9:00	12.97	28.18	25,5	231,8
12/21/2019 10:00	13.42	33.72	27,37	688,2
12/21/2019 11:00	13.69	37.48	30,09	1158
12/21/2019 12:00	14.19	37.09	29,42	891,3
12/21/2019 13:00	14.4	42.6	29,94	899
12/21/2019 14:00	14.28	42.33	31,74	1013
12/21/2019 15:00	13.36	41.6	30,93	863,8
12/21/2019 16:00	13.39	41.37	29,24	457,2
12/21/2019 17:00	13.43	37.54	28,59	248,25
12/21/2019 18:00	13.15	33.64	26,57	58,68
12/21/2019 19:00	12.96	31.59	24,14	0
12/21/2019 20:00	12.88	30.25	23,89	0
12/21/2019 21:00	12.84	29.25	23,54	0
12/21/2019 22:00	12.8	28.73	23,49	0
12/21/2019 23:00	12.76	28.05	22,05	0
SUMA	313.92	757.84	607,08	6 718,5
PROMEDIO	13.08	31.58	27,91	279,94
MÁXIMO	14.4	42.6	31,74	1158
MÍNIMO	12.49	25.32	21,36	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20.

Muestra del análisis de datos por día, para la Estación de Medición Solar Jaén.

FECHA	Promedio (W/m²)	Máximo (W/m²)	Prom, Acumulado (Wh/m²)	Hora Solar Pico	Temperatura
1-may.-20	449,23	890	5390,79	5,39	28,35
2-may.-20	456,18	923,9	5474,15	5,47	28,35
3-may.-20	414,76	900,2	4977,17	4,98	29,07
4-may.-20	422,55	890,4	5070,59	5,07	27,99
5-may.-20	507,96	929,1	6095,47	6,1	27,9
6-may.-20	484,4	885,9	5812,74	5,81	28,36
7-may.-20	337,17	819	4046	4,05	27,87
8-may.-20	505,08	1050	6061	6,06	28,74
9-may.-20	372,25	897	4467	4,47	27,61
10-may.-20	501,92	929	6023	6,02	28,72
11-may.-20	530,5	878	6366	6,37	28,72
12-may.-20	527,92	930	6335	6,34	29,52
13-may.-20	368,42	843	4421	4,42	28,24
14-may.-20	432,67	950	5192	5,19	29,23
15-may.-20	498,58	1112	5983	5,98	29,3
16-may.-20	326,33	942	3916	3,92	26,51
17-may.-20	395,58	1100	4747	4,75	28,44
18-may.-20	403,17	945	4838	4,84	28,8
19-may.-20	460,67	928	5528	5,53	28,8
20-may.-20	280,5	845	3366	3,37	26,6
21-may.-20	325,75	926	3909	3,91	28,77
22-may.-20	366,58	802	4399	4,4	28,85
23-may.-20	279,08	1040	3349	3,35	27,23
24-may.-20	441,33	1126	5296	5,3	28,56
25-may.-20	498,92	1010	5987	5,99	27,78
26-may.-20	394,08	914	4729	4,73	27,28
27-may.-20	478,08	877	5737	5,74	27,95
28-may.-20	506,58	885	6079	6,08	28,4
29-may.-20	498,08	869	5977	5,98	28,78
30-may.-20	273	818	3276	3,28	27,87
31-may.-20	304,33	613	3652	3,65	27,33
SUMA	13041,66	28467,5	156499,91	156,5	875,93
PROMEDIO	420,7	918,31	5048,38	5,05	28,26
MÁXIMO	530,5	1126	6366	6,37	29,52
MÍNIMO	273	613	3276	3,28	26,51

Fuente: Elaboración propia.

El procesamiento mensual se realizó con datos desde el 05/12/2019 al 31/07/2020.

Tabla 21.

Muestra del análisis de datos por mes, para la Estación de Medición Solar Jaén.

ANÁLISIS POR MESES	IRRADIANCIA		IRRADIACIÓN		TEMPERATURA
	Prom. (W/m ²)	Máximo (W/m ²)	Prom. Acumulado (Wh/m ²)	Hora Solar Pico	Promedio Mensual (°C)
Diciembre - 2019	433.38	1158	5200.53	5.2	28.4
Enero - 2020	394.38	1107	4732.59	4.73	27.67
Febrero - 2020	402.61	1103	4831.3	4.83	27.88
Marzo - 2020	463.78	1093	5565.36	5.57	28.49
Abril - 2020	478.35	1065	5740.23	5.74	28.54
Mayo - 2020	420.7	1126	5048.38	5.05	28.26
Junio - 2020	402.46	1021	4829.57	4.83	27.82
Julio - 2020	388.07	920	4656.8	4.66	27.48

Fuente: Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN

5.1 Del diseño e Implementación del Sistema

Las estaciones de medición solar cumplen la función de registrar constantemente la longitud de onda que llega a la tierra en forma de luz solar. Para ello la incertidumbre de los datos se controla en base al rango de medición y el valor de sensibilidad del sensor, señalado en el certificado de calibración de fábrica.

El instrumento de medición de radiación global llamado Piranómetro, es seleccionado según el uso final o aplicación final y considerando los requerimientos técnicos mínimos de operación. Lo más común es optar por un rango de medición de 0 a 2000W/m², ya que la radiación máxima en la atmósfera aceptado por la NASA es de 1 353 W/m². Todo el proceso de implementación de una estación de medición solar o estación meteorológica, debe realizarse respetando el procedimiento de instalación y siguiendo los pasos descritos en el manual de usuario de cada equipo o instrumento. De ser posible se opta por hacer un entrenamiento en el uso de los equipos y sensores y así estar capacitados y habilitados para hacer esta actividad.

5.2 Comparación de Datos Meteorológicos

Existen diferentes fuentes de datos para la radiación solar, en la lista están estaciones de medición directa y generación de datos por modelamiento con fuentes satelitales. Recolectando información de fuentes de datos como: la estación meteorológica UNJ-IFA, estación automática del Senamhi, datos del Atlas Solar Global y datos del proyecto POWER de la NASA; para luego comparar los valores con los registros de irradiancia solar y temperatura de la Estación de Medición Solar. Se elaboró una tabla con datos registrados en 1 hora.

Tabla 22. Cuadro comparativo de irradiancia solar en W/m^2 .

Fecha	EMS Jaén	UNJ IFA	Senamhi	Atlas Solar Global	Nasa Power
21/12/2019 0:00	0	0	SD	0	0
21/12/2019 1:00	0	0	SD	0	0
21/12/2019 2:00	0	0	SD	0	0
21/12/2019 3:00	0	0	SD	0	0
21/12/2019 4:00	0	0	SD	0	0
21/12/2019 5:00	0	0	SD	0	0
21/12/2019 6:00	0	0	SD	0	0
21/12/2019 7:00	55,87	41	SD	52.8	265.83
21/12/2019 8:00	153,4	170	SD	132.7	265.83
21/12/2019 9:00	231,8	208	SD	177.2	265.83
21/12/2019 10:00	688,2	716	SD	219	265.83
21/12/2019 11:00	1158	1172	SD	275.7	265.83
21/12/2019 12:00	891,3	929	SD	330.8	265.83
21/12/2019 13:00	899	612	SD	411.5	265.83
21/12/2019 14:00	1013	999	SD	426.4	265.83
21/12/2019 15:00	863,8	291	SD	399.5	265.83
21/12/2019 16:00	457,2	101	SD	371.3	265.83
21/12/2019 17:00	248,25	29	SD	316.8	265.83
21/12/2019 18:00	58,68	7	SD	122.7	265.83
21/12/2019 19:00	0	0	SD	0	0
21/12/2019 20:00	0	0	SD	0	0
21/12/2019 21:00	0	0	SD	0	0
21/12/2019 22:00	0	0	SD	0	0
21/12/2019 23:00	0	0	SD	0	0
SUMA	6 718,5	5275	0	3236.4	3189.96
PROMEDIO	279,94	439.58	0	269.7	265.83
MÁXIMO	1158	1172	0	426.4	265.83
MÍNIMO	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra un gráfico de series de tiempo de los datos de irradiación solar para todas las fuentes de datos de la tabla 22.

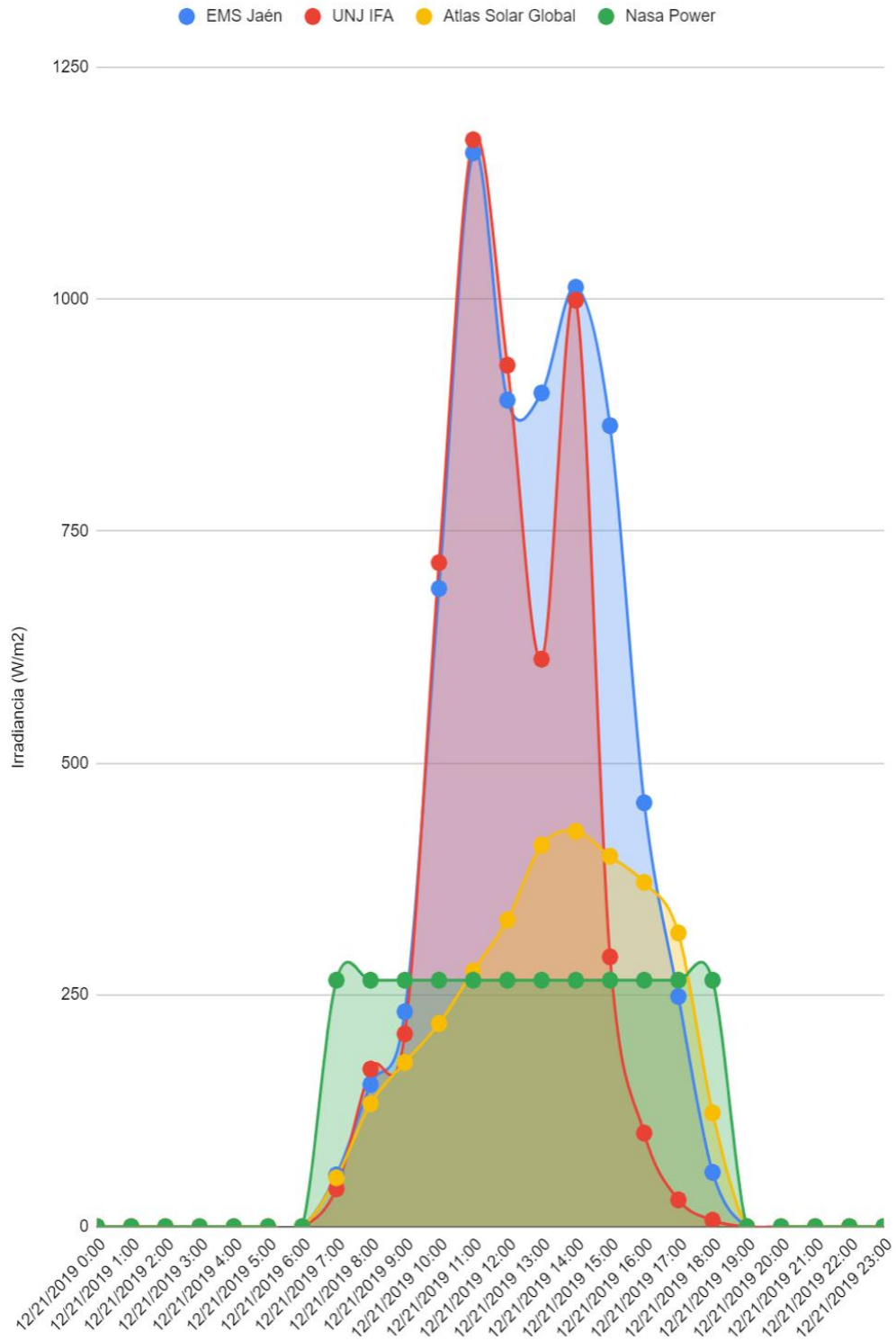


Figura 52. Gráfico comparativo de irradiancia solar.

Fuente: Elaboración propia.

Para los datos de temperatura ambiente, se elaboró una tabla con datos comparativos con registros en un mismo intervalo que la radiación solar, es decir cada 01 hora.

Tabla 23.

Cuadro comparativo de temperatura en °C.

Fecha	EMS Jaén	UNJ IFA	Senamhi	Atlas Solar Global	Nasa Power
21/12/2019 0:00	22,87	23,3	24,95	21,6	20,52
21/12/2019 1:00	22,81	23,1	24,95	21,6	20,52
21/12/2019 2:00	22,24	23,2	24,95	21,6	20,52
21/12/2019 3:00	22,09	22,7	24,95	21,6	20,52
21/12/2019 4:00	21,36	22,5	24,95	21,6	20,52
21/12/2019 5:00	21,39	22,3	24,95	21,6	20,52
21/12/2019 6:00	22,35	22,3	24,95	21,6	20,52
21/12/2019 7:00	22,25	22,5	24,95	21,6	20,52
21/12/2019 8:00	23,22	23,3	24,95	21,6	20,52
21/12/2019 9:00	25,5	23,9	24,95	21,6	20,52
21/12/2019 10:00	27,37	26,5	24,95	21,6	20,52
21/12/2019 11:00	30,09	27,2	24,95	21,6	20,52
21/12/2019 12:00	29,42	28,2	24,95	21,6	20,52
21/12/2019 13:00	29,94	29,8	24,95	21,6	20,52
21/12/2019 14:00	31,74	31,2	24,95	21,6	20,52
21/12/2019 15:00	30,93	28,4	24,95	21,6	20,52
21/12/2019 16:00	29,24	27,1	24,95	21,6	20,52
21/12/2019 17:00	28,59	25,4	24,95	21,6	20,52
21/12/2019 18:00	26,57	23,1	24,95	21,6	20,52
21/12/2019 19:00	24,14	22,6	24,95	21,6	20,52
21/12/2019 20:00	23,89	22,2	24,95	21,6	20,52
21/12/2019 21:00	23,54	22,5	24,95	21,6	20,52
21/12/2019 22:00	23,49	22,1	24,95	21,6	20,52
21/12/2019 23:00	22,05	22,1	24,95	21,6	20,52
SUMA	607,08	587,5	598,8	518,4	492,48
PROMEDIO	27,91	26,38	0	21,6	20,52
MÁXIMO	31,74	31,2	24,95	21,6	20,52
MÍNIMO	21,36	22,1	24,95	21,6	20,52

Fuente: Elaboración propia.

Ahora, se muestra el gráfico de datos de temperatura en series de tiempo en función de todas las fuentes de datos de la tabla 23.

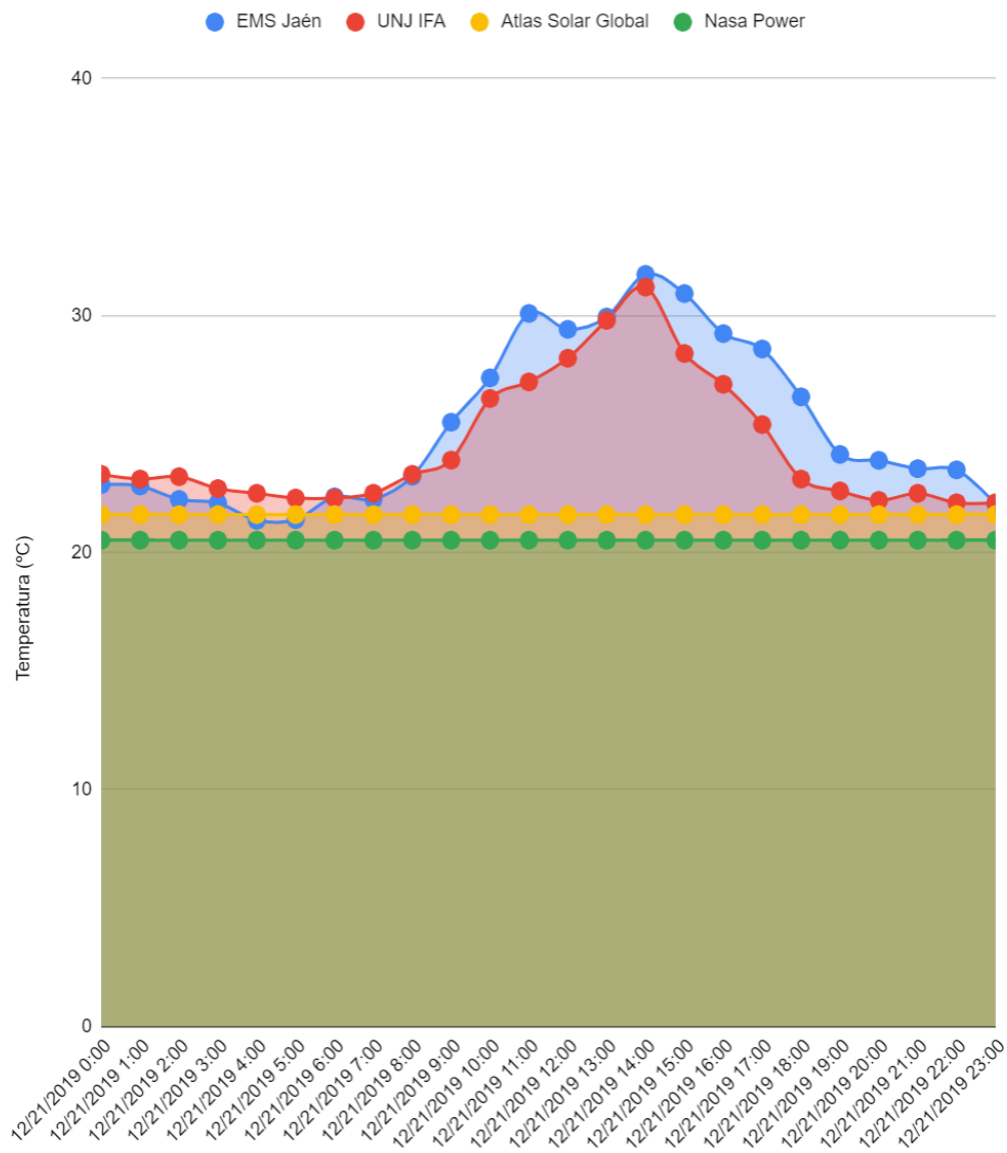


Figura 53. Gráfico comparativo de temperatura.

Fuente: Elaboración propia.

Ahora; desde otro punto de análisis comparando con el Atlas Solar del Perú para el departamento de Cajamarca en el mes de mayo, se estima una radiación incidente diaria de 5 a 5.5 kWh/m² y analizando los datos para el mes de mayo con la Estación de Medición Solar Jaén, el resultado es 5.048 kWh/m² (Ver tabla 20). Entonces podemos afirmar que estamos dentro del rango estimado por el Atlas Solar del Perú, de 2003.

5.3 Comparación con los Antecedentes

La investigación de Abad (2016), tenía por objetivo medir la temperatura, humedad relativa, radiación solar, precipitación y humedad del suelo con un registrador de datos, y los datos enviados cada 01 día por correo electrónico. En cambio, la Estación de Medición Solar Jaén mide la irradiancia solar con un piranómetro Clase C y la temperatura del ambiente con un sensor PT100, los datos son registrados y almacenados con por un registrador de datos, y los datos se transmiten continuamente para ser visualizados en una página web.

La investigación de Alemán (2014), logró la instalación y puesta en marcha de un estación solarimétrica que consistía en instalar dos piranómetros y un pirheliómetro con un registrador de datos, para analizar los datos por un periodo de tres meses. En cambio, la Estación de Medición Solar Jaén implementó un sistema de medición continuo de registro de irradiancia solar y temperatura ambiente cada una hora, y los datos se almacenan para ser consultados en rango de fechas a través de una página web.

La investigación de Ruiz, Vides y Pardo (2018), menciona que desarrollaron la electrónica para un sistema de captación de las variables climáticas como: temperatura, humedad, radiación solar, dirección y velocidad del viento; y un sistema de monitoreo en línea con comunicación serial y transmisión inalámbrica con una interfaz Web diseñada con Visual Basic para el envío de datos a través de un hosting que aloja la base de datos y la página WEB. En cambio, la Estación de Medición Solar Jaén se implementó con un piranómetro y un sensor de temperatura y más equipos ya fabricados con estándares de calidad internacional, y el monitoreo web es posible gracias a la comunicación de los datos utilizando la red celular y una administración remota en todo momento.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Terminado el proyecto de investigación, se concluye lo siguiente:

- La Estación de Medición Solar Jaén, es el resultado final del diseño e implementación de un sistema automatizado con telemetría que registra por medio del piranómetro la irradiancia solar global y por medio del sensor de temperatura registra la temperatura del aire del ambiente. La selección de instrumentos y equipos se realizó considerando las condiciones de operación, lugar de ubicación y los datos técnicos de fabricación. El piranómetro es de clase C de 0 a 2000 W/m² y el sensor de temperatura es de tipo PT100. Los registros se programaron cada 01 hora.
- La implementación de la Estación de Medición Solar Jaén, se realizó tomando en cuenta el procedimiento escrito de trabajo seguro (PETS) y el formato identificación y evaluación de peligros y riesgos (IPER). La instalación se realizó en la ciudad de Jaén en las coordenadas latitud 5°42'52.7" Sur y longitud 78°48'30.4" Oeste; sobre el techo una casa a una altura de 13m sobre el nivel del suelo (incluyendo la altura del trípode). Los registros se configuraron cada 1 hora y se programó el envío por telemetría hacia un centro de administración remota.
- El análisis de los registros de irradiancia solar y temperatura, se procesó en una Hoja de Cálculo de Google y los gráficos se realizaron por tablas de datos dinámicos con la plataforma de Estudio de Datos de Google. Para los datos procesados podemos mencionar: Como resultado de análisis de irradiancia solar promedio y temperatura media del aire desde las 7:00am hasta las 6:00pm, se realizó del 05 de diciembre del 2019 al 31 de julio del 2020; tiempo desde que está operando la Estación de Medición Solar Jaén. El resultado del análisis mensual es: diciembre 2019 (433,38 W/m² y 28,40 °C), enero 2020 (394,38 W/m² y 27,67 °C), febrero 2020 (402,61 W/m² y 27,88 °C), marzo 2020 (463,78 W/m² y 28,49 °C), abril 2020 (478,35 W/m² y 28,54 °C), mayo 2020 (420,70 W/m² y 28,26 °C), junio 2020 (402,46 W/m² y 27,82 °C) y julio 2020 (388,07 W/m² y 27,48 °C).

- El análisis y procesamiento de irradiación en promedio acumulado con la Hora Solar Pico al mes, es: diciembre 2019 (5 200,53 Wh/m² y 5,20 HSP), enero 2020 (4 732,59 Wh/m² y 4,73 HSP), febrero 2020 (4 831,30 Wh/m² y 4,83 HSP), marzo 2020 (5 565,36 Wh/m² y 5,57 HSP), abril 2020 (5 740,23 Wh/m² y 5,74 HSP), mayo 2020 (5 048,38 Wh/m² y 5,05 HSP), junio 2020 (4 829,57 Wh/m² y 4,83 HSP) y julio 2020 (4 656,80 Wh/m² y 4,66 HSP)

- El análisis y procesamiento de irradiación máxima en promedio al mes, es: diciembre 2019 (1 158 Wh/m²), enero 2020 (1 107 Wh/m²), febrero 2020 (1 103 Wh/m²), marzo 2020 (1 093 Wh/m²), abril 2020 (1 065 Wh/m²), mayo 2020 (1 126 Wh/m²), junio 2020 (1 021 Wh/m²) y julio 2020 (920 Wh/m²)

- Los datos se registraron en promedios por hora, con un registro continuo cada 01 minuto, teniendo así una mejor representación de la irradiancia solar y la temperatura del ambiente.

- Se optimizó recursos y tiempo eliminando la descarga manual de datos, trabajando el envío de datos registrados de manera remota, para que sean visualizados y monitoreados a través de cualquier navegador de internet ingresando a la siguiente dirección web: <https://www.estacionsolarjaen.online>.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda tener en cuenta lo siguiente:

- Los instrumentos se deben seleccionar considerando el parámetro a medir y la compatibilidad en los protocolos de comunicación serial para la lectura de señales analógicas y digitales. El registrador de datos de la misma forma debe ser configurable y compatible con los sensores. También es necesario definir claramente el medio por el cual se administrará el sistema, si es local o de manera remota y así elegir bien el equipamiento de la telemetría.

- Para una estación de medición solar debemos considerar que los procedimientos para la instalación, aplican los mismos que para una estación de meteorología, al ser parámetros meteorológicos los que se miden. Para ello encontramos procedimientos de instalación de la Organización Meteorológica Mundial y el Senamhi. Es importante elegir un lugar despejado y sin árboles u objetos que obstaculicen la luz solar durante el día. La configuración deberá ser portátil para un fácil traslado de la estación. Así mismo toda la instalación también deberá seguir estrictamente los pasos descritos en los manuales de uso de cada instrumento o equipo, rescatando que para una medición óptima de la irradiancia solar, la burbuja de nivel del piranómetro deberá estar centralizada correctamente.

- Para el análisis de datos registrados se debe utilizar tablas dinámicas y de esta manera hacer más interactiva la consulta. Las hojas de cálculo deberán estar sincronizadas correctamente con los datos que envía la estación, asegurando que el monitoreo local o remoto sea en tiempo real, y también la descarga de los datos. Además, se recomienda utilizar un túnel VPN al momento de transmitir los datos por internet, de esta manera la información está segura y no será de acceso a terceros.

- Actualmente estamos viviendo la revolución de la Industria 4.0 con una meta del 100% de digitalización, es por ello que se recomienda el desarrollo e integración de plataformas web en línea para el monitoreo de los datos. Siempre elegir servicios que garanticen la seguridad y el almacenamiento de la información. La plataforma debe ser de fácil acceso, interactivo y amigable con el usuario.

- Se recomienda hacer un mantenimiento anual preventivo y correctivo de la estación de medición solar para revisar la operatividad de todos los componentes del sistema y el cambio obligatorio de la batería. Además, por recomendación del fabricante el sensor piranómetro debe calibrarse cada 2 años.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad A., A. (2016). *Diseño e Implementación de un Sistema de Seguimiento de Parámetros Ambientales en Plantaciones de Café (Tesis de Máster en Ingeniería Mecánico - Eléctrica, Universidad Nacional de Piura)*. Piura, Perú: Repositorio Institucional de la UNP. URI: <https://hdl.handle.net/11042/2639>.
- Abal, G. (2014). *Fundamentos de Energía Solar*. Instituto de Física en Facultad de Ingeniería de Universidad de la República - Uruguay.
- Aleman Berrios, Y. H. (2014). *Instalación y Análisis de datos de la estación solarimétrica de la universidad de Quintana Roo*. Tesis para obtener el grado en Ingeniero en Sistemas de Energía, México. Obtenido de <http://192.100.164.54/T/TJ810.AL101.2014-1900.pdf>
- Altas, I. H., & Sharaf, A. M. (2014). *Solar Energy and PV Systems*. USA: Hindawi Publishing Corporation.
- Campbell Scientific Web*. (2019). Obtenido de <https://www.campbellsci.es/>
- Carta, G. J., Calero, P. R., Colmenar, S. A., & Castro, G. M. (2009). *Centrales de Energías Renovables: Generación Eléctrica con Energías Renovables*. Madrid: Pearson Educación, S.A.
- Creus Solé, A. (2010). *Instrumentación Industrial* (8 ed.). Ciudad de México, México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- EKO Instruments Europe. (2019). *Mediciones precisas de Radiación Solar*. Obtenido de EKO Instruments: <https://eko-eu.com/es/applications/mediciones-precisas-de-radiacion-solar>
- EKO Instruments Web*. (2019). Obtenido de <https://eko-eu.com/es/>
- Foster, R., Ghassemi, M., & Cota, A. (2010). *Solar Energy: Energy and the Environment*. New York, USA: Taylor and Francis Group, LLC.
- Global, A. S. (2017). *Atlas Solar Global - Banco Mundial y la Corporación Financiera Internacional*. Obtenido de <https://globalsolaratlas.info>.

- Grossi Gallegos, H. (2001). III Jornadas Iberoamericanas Sobre Energías Renovables: Solarimetría. *Medición de la Radiación Solar en la Superficie de la Tierra Instrumental y Errores Asociados*. Santa Cruz.
- Grupo NAP. (2002). *Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid, España: Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación.
- Mejía Vásques, E. (2018). *Diseño de un Sistema Fotovoltaico Autónomo para el Suministro de Energía Eléctrica al Laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica*. Bagua Grande - Amazonas: Universidad Politécnica Amazónica. Obtenido de <http://repositorio.upa.edu.pe/bitstream/handle/UPA/19/Informe%20Final%20de%20Proyecto%20de%20Investigaci%C3%B3n%20SFA%20-%202018%20UPA.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Moro, V. M. (2018). *Instaciones Solares Fotovoltaicas. 2da. Edición*. Madrid, España.: Ediciones Prainfo, SA .
- NASA-POWER. (2018). *Prediction Of Worldwide Energy Resource*. Obtenido de https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/POWER_DAV_USER_GUIDE.pdf.
- OMM. (2017). *Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos - Parte I. Medición de variables meteorológicas*. Organización Meteorológica Mundial. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3664.
- OMM. (2018). *Manual del Sistema Mundial de Proceso de Datos y de Predicción*. Organización Meteorológica Mundial. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5980.
- Perpiñán Lamigueiro, Ó. (2018). *Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid, España: Creative Commons (CC). Obtenido de <https://github.com/oscarperpnan/esf>
- Perpiñán Lamigueiro, Ó., Colmenar Santos, A., & Castro Gil, M. (2012). *Diseño de Sistemas Fotovoltaicos*. Madrid, España: Promotora General de Estudios, S.A.
- Ruiz, A. D., Vides, H. C., & Pardo, G. (2018). *Monitoreo de variables meteorológicas a través de un sistema inalámbrico de adquisición de datos*. Revista de Investigación,

Desarrollo e Innovación. <http://www.scielo.org.co/pdf/ridi/v8n2/2027-8306-ridi-8-02-00333.pdf>.

SENAMHI y DGER-MEM. (2003). *Atlas de Energía Atlas de Energía Solar del Perú*.

Obtenido de SENAMHI y MEM del Perú: <https://deltavolt.pe/atlas/atlassolar>

Sepúlveda, S. (Diciembre de 2014). Radiación Solar: Factor Clave para el Diseño. *Revista Mundo FESC*, 60-65.

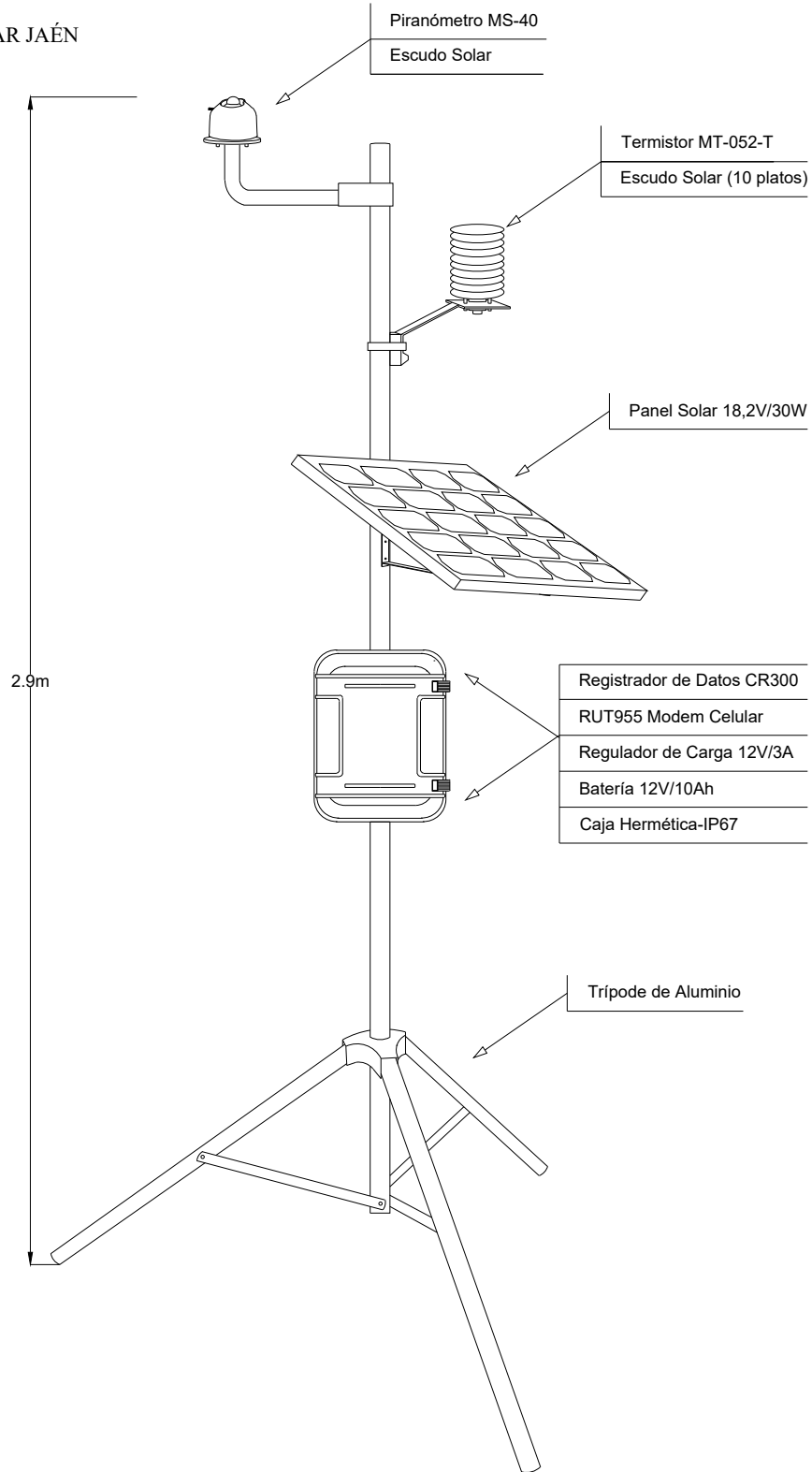
Singh, J. (8 de Enero de 2015). *Medición de la Radiación Solar: la Importancia de la Precisión*. Obtenido de Kipp & Zonen::

<https://www.kippzonen.es/News/566/Medicion-de-la-radiacion-solar-la-importancia-de-la-precision#.XUeP5OhKjid>

ANEXO 01

- **Plano DI-01**
- **Plano DI-02**
- **Plano PU-01**

ESTACIÓN DE MEDICIÓN SOLAR JAÉN



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
PERÚ



IME - UNJ

CARRERA PROFESIONAL:

INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO CON
TELEMETRÍA PARA MEDIR, REGISTRAR Y MONITOREAR RADIACIÓN
SOLAR Y TEMPERATURA EN LA CIUDAD DE
JAÉN - PERÚ

DIBUJO CAD:
Bach. Cleyner F. Jiménez Díaz

REVISIÓN:
Ing. Mg. Walter L. Cabrera Torres

APROBACIÓN:
Ing. Mg. Walter L. Cabrera Torres

FECHA:
Junio - 2020

UBICACIÓN:
Región: Cajamarca
Provincia: Jaén
Distrito: Jaén

ÁREA:
Automatización y Telemetría

PLANO:
Diseño General y Detalle

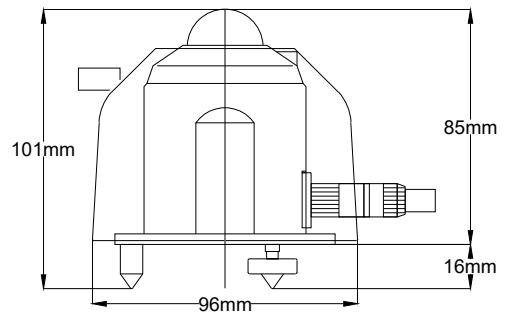
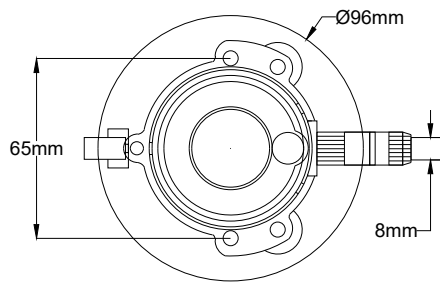
DISEÑO:
Estación de Medición Solar

ESCALA:
S/E

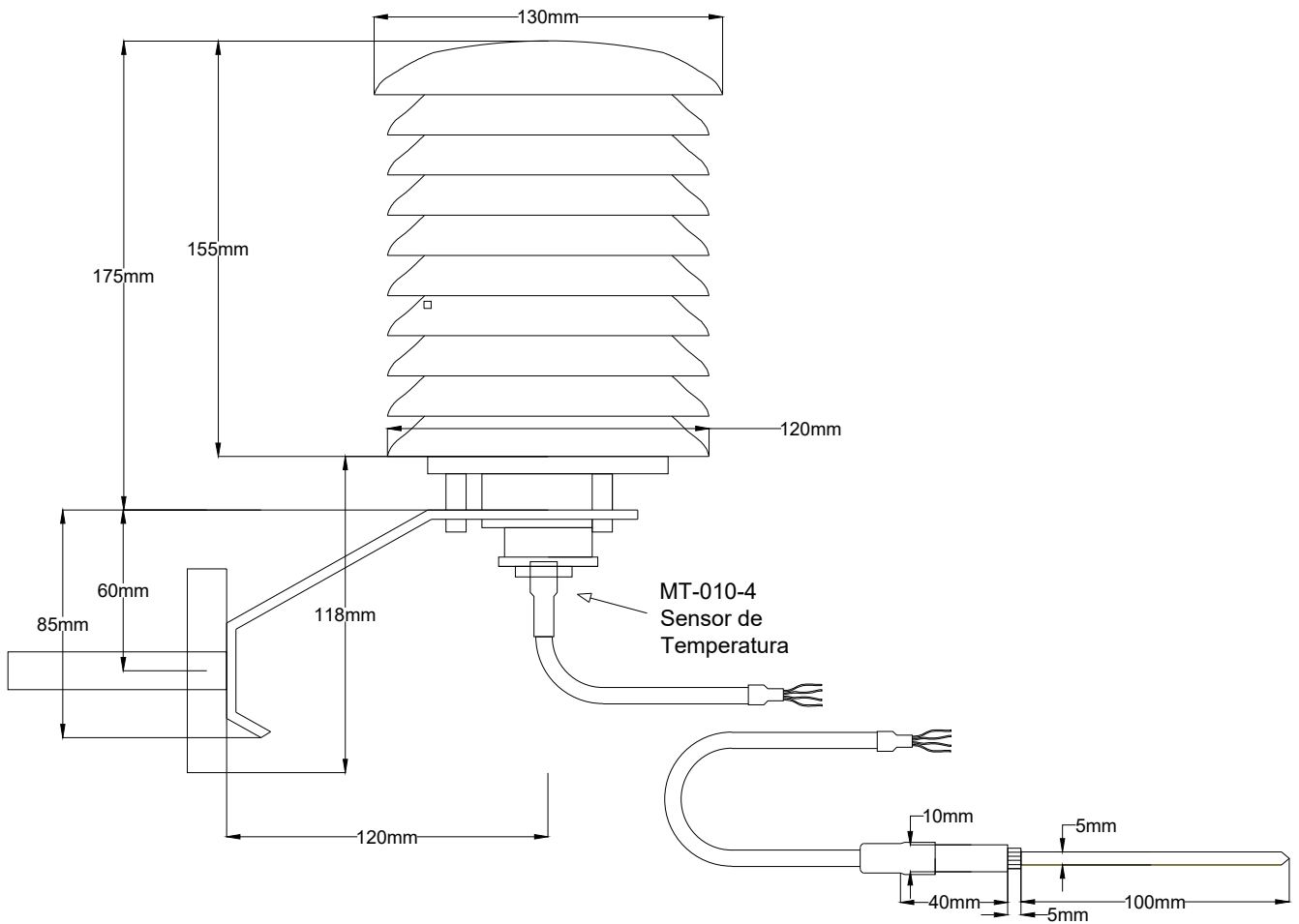
PLANO N°:

DI-01

PIRANÓMETRO MS-40



SENSOR DE TEMPERATURA MT-010 PT100



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
PERÚ



DIBUJO CAD:
Bach. Cleyner F. Jiménez Díaz
REVISIÓN:
Ing. Mg. Walter L. Cabrera Torres
APROBACIÓN:
Ing. Mg. Walter L. Cabrera Torres

CARRERA PROFESIONAL:

INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO CON
TELEMETRÍA PARA MEDIR, REGISTRAR Y MONITOREAR RADIACIÓN
SOLAR Y TEMPERATURA EN LA CIUDAD DE
JAÉN - PERÚ

FECHA:
Junio - 2020

ÁREA:
Automatización y Telemetría

ESCALA:
S/E

UBICACIÓN:
Región: Cajamarca
Provincia: Jaén
Distrito: Jaén

PLANO:
Diseño General y Detalle
DISEÑO:
Estación de Medición Solar

PLANO N°:
DI-02

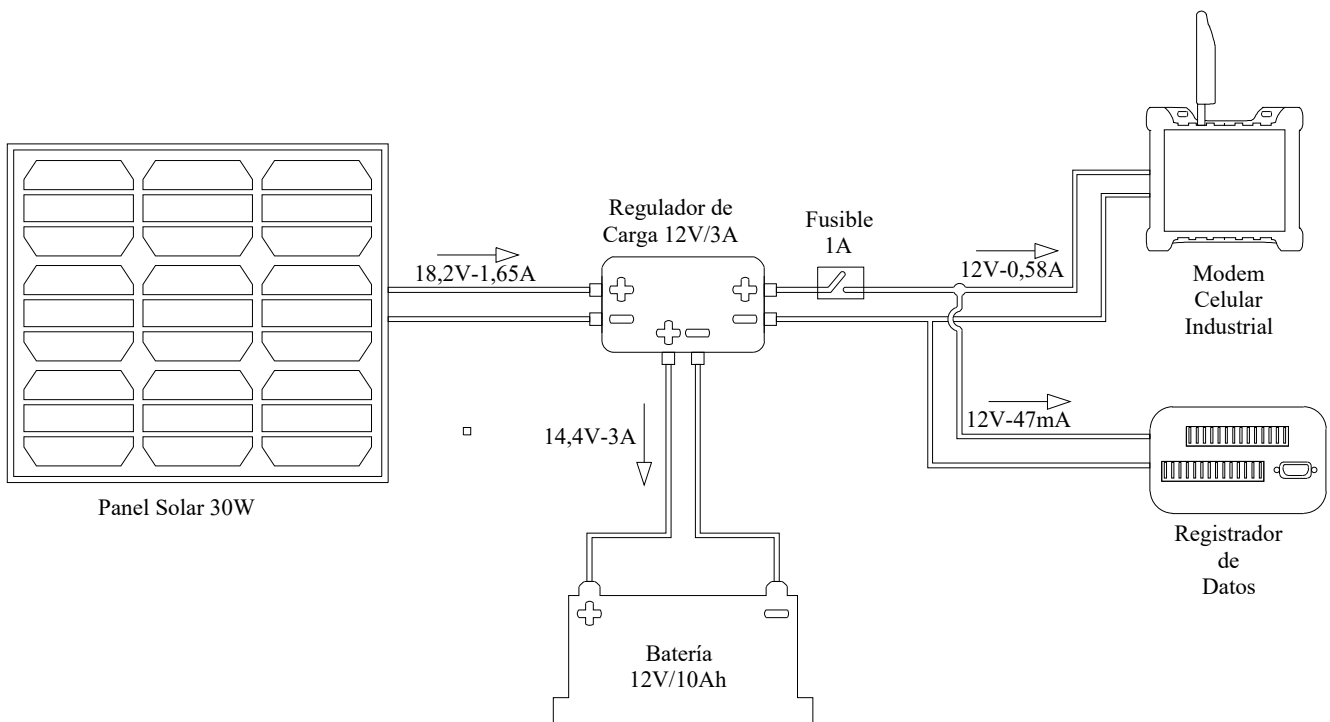


DIAGRAMA UNIFILAR CON SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
PERÚ



IME - UNJ

CARRERA PROFESIONAL:

INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO CON
TELEMETRÍA PARA MEDIR, REGISTRAR Y MONITOREAR RADIACIÓN
SOLAR Y TEMPERATURA EN LA CIUDAD DE
JAÉN - PERÚ

DIBUJO CAD:

Bach. Cleyner F. Jiménez Díaz

FECHA:

Junio - 2020

ÁREA:

Automatización y Telemetría

ESCALA:

S/E

REVISIÓN:

Ing. Mg. Walter L. Cabrera Torres

UBICACIÓN:

Región: Cajamarca

PLANO:

Diseño General y Detalle

PLANO N°:

DU-01

APROBACIÓN:

Ing. Mg. Walter L. Cabrera Torres

Provincia: Jaén

Distrito: Jaén

DISEÑO:

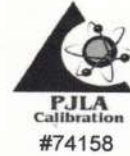
Estación de Medición Solar

ANEXO 02

- **Certificado de calibración de Piranómetro MS-40**
- **Certificado de calibración de Termistor MT-052^a**
- **Tabla de conversión para sensor de temperatura PT100**

Calibration Certificate

Requester : EKO INSTRUMENTS Europe B.V. **ISO 17025 / ISO 9847**
Lulofsstraat 55, Unit 28, 2521 AL,
Den Haag, The Netherlands



Manufacturer :	EKO Instruments Co., Ltd.	Certificate Number :	S18115124-EX19-198
Description :	Pyranometer	Issue date :	June 17, 2019
Model :	MS-40	Calibration Date :	May 22, 2019
ISO Classification :	Second Class	Calibration Procedure :	LM-10
Serial Number :	S18115124		
Accessories :	Cable		

Calibration Conditions

Temperature	25±3	[°C]
Irradiance	1000±50	[W/m ²]
Solar Simulator In Stability	0.3	[%]

Calibration Results

Sensitivity	13.14	[μV/W·m ⁻²]	
Uncertainty	0.67	[%]	(Coverage factor $k = 1.96$)

The above product is calibrated and traceable to the reference pyranometer in compliance with ISO/IEC9847 Direct beam calibration (type IIc). Measurement uncertainties at the time of calibration are consistent with the Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM).

Reference Instruments	Model	S/N	Sensitivity [μV/W·m ⁻²]	Calibration due
Pyranometer	MS-802	PRN-REF.05	7.084	2021/5/26
Digital Multimeter	34401A	MY41014381		2019/9/2

EKO Instruments Co., Ltd.
1-21-8, Hatagaya, Shibuya-ku, Tokyo, 151-0072, Japan
S.Yoshida / Calibration responsible

Shuji Yoshida

Certificate Number : S18115124-EX19-198

Page 1/2

Calibration Results

<i>n</i>	Ref. Irradiance [W/m ²]	Pyranometer Output [mV]	Sensitivity [$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$]	<i>n</i>	Ref. Irradiance [W/m ²]	Pyranometer Output [mV]	Sensitivity [$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$]
1	987.91	12.98	13.14	6	987.91	12.98	13.14
2	987.91	12.98	13.14	7	987.91	12.98	13.14
3	987.91	12.98	13.14	8	987.91	12.98	13.14
4	987.91	12.98	13.14	9	987.91	12.98	13.14
5	987.91	12.98	13.14	10	987.91	12.98	13.14
Σ Mean (<i>n</i> = 10)		12.98	13.14				
Std. deviation			0.0004				

Calibration Procedure

The pyranometer was calibrated against a calibrated reference pyranometer using a 1000 W/m² (AM1.5 class AAA) sun simulator as source. The pyranometer is situated on a horizontal table and aligned to the optical axis of a normal incidence light source. By alternating the position of the calibrated reference pyranometer with the test pyranometer the output signal of both pyranometers are recorded and used to solve the equation of the unknown sensitivity variable. The operating conditions are maintained constant (e.g. ambient temperature and normal incidence irradiance), hence the pyranometer uncertainty figure from 10 readings (*n*) is determined by taking into account the sensitivity uncertainty (*Us*), uncertainty of temperature (*Ut*), normal distribution (*d*), and repeatability (*Ur*) of the reference pyranometer and the max. deviation of the incident irradiance between the measurement intervals.

Uncertainty

The expanded calibration uncertainty associated with the pyranometer sensitivity figure is calculated as the square root of the sum of the squares of the reported uncertainties:

1) Uncertainty of reference (<i>Us</i>)	0.31%
2) Uncertainty of temperature (<i>Ut</i>)	0.14%
3) Repeatability (<i>Ur</i>)	0.04%
4) Distribution (<i>d</i>)	0.00%
Total uncertainty (<i>Uc</i>)	0.34%
Expanded uncertainty (<i>U</i>)	0.67% (<i>Coverage factor k = 1.96</i>)

$$\text{Expanded Uncertainty} = 1.96 \times \sqrt{((Us^2 + Ut^2 + Ur^2 + d^2))}$$

Traceability

Annually the reference pyranometer MS-802 is calibrated against the primary standard PMO-6 according to the sun-and-shade method under ISO9846. The primary standard is directly traceable to the WRR (World Radiometric Reference) and maintained in the group of standard radiometers calibrated every 5 years during the IPC. The data logger is traceable to JEMIC (Japan Electric Meters Inspection Corporation).

To whom it may concern;

Inspection Certificate

Manufacturer : EKO Instruments Co., Ltd.	Calibration date :	June 03, 2019
Model : MT-052-A	EKO Ref. number :	EX19-200
Description : Temperature Sensor with Radiation Shield		

We hereby certify that inspection results of above instrument are as follows;

Radiation Shield

Serial number :	S18147.196	
Visual Inspection :	Outside :	Pass
	Size :	Pass

Pt100 RTD (Resistance Temperature Detector)

Serial number :	-	
Type :	Pt100 Class A (JIS C1604-1997)	
Visual Inspection :	Outside :	Pass
	Size :	Pass
Cable :	-m, 4-Wires	

Temperature test

Test Temperature	Acceptance Range	Measured Value	Result
0°C	99.94~100.06Ω	- Ω	Pass
100°C	138.37~138.65Ω	- Ω	Pass

I. Sunaga

I. Sunaga / Manager of Mfg. Dept.

T. Konuma

T. Konuma / Inspector

Anexo A-2. Tabla de conversión para el sensor de temperatura Pt100 - Clase A.

T [°C]	R [Ω]	T [°C]	R [Ω]	T [°C]	R [Ω]
-30	88.2	0	100.0	30	111.7
-29	88.6	1	100.4	31	112.1
-28	89.0	2	100.8	32	112.4
-27	89.4	3	101.2	33	112.8
-26	89.8	4	101.6	34	113.2
-25	90.2	5	102.0	35	113.6
-24	90.6	6	102.3	36	114.0
-23	91.0	7	102.7	37	114.4
-22	91.4	8	103.1	38	114.8
-21	91.8	9	103.5	39	115.2
-20	92.2	10	103.9	40	115.5
-19	92.6	11	104.3	41	115.9
-18	92.9	12	104.7	42	116.3
-17	93.3	13	105.1	43	116.7
-16	93.7	14	105.5	44	117.1
-15	94.1	15	105.8	45	117.5
-14	94.5	16	106.2	46	117.9
-13	94.9	17	106.6	47	118.2
-12	95.3	18	107.0	48	118.6
-11	95.7	19	107.4	49	119.0
-10	96.1	20	107.8	50	119.4
-9	96.5	21	108.2	51	119.8
-8	96.9	22	108.6	52	120.2
-7	97.3	23	109.0	53	120.6
-6	97.7	24	109.3	54	120.9
-5	98.0	25	109.7	55	121.3
-4	98.4	26	110.1	56	121.7
-3	98.8	27	110.5	57	122.1
-2	99.2	28	110.9	58	122.5
-1	99.6	29	111.3	59	122.9

Pt100 A Class: Complies to JIS C 1604 -2013 and IEC 60751

ANEXO 03

- **Datos Estación de Medición Solar Jaén**
- **Datos Estación Meteorológica IFA-UNJ**
- **Datos Estación Convencional Jaén – SENAMHI**
- **Datos Atlas Solar Global**
- **Datos NASA POWER LAB**
- **Datos del Atlas Solar de Cajamarca - SENAMHI y DGER-MEM**

Estación de Medición Solar Jaén

FECHA	Promedio (W/m2))	Máximo (W/m2)	Prom. Acumulado (Wh/m2)	Hora Solar Pico	Temperatura (°C)
5/12/2019	545.83	1023.60	6549.90	6.55	26.15
6/12/2019	478.38	976.20	5740.60	5.74	25.94
7/12/2019	437.07	893.00	5244.87	5.24	26.66
8/12/2019	528.73	1114.00	6344.73	6.34	26.03
9/12/2019	401.64	802.00	4819.69	4.82	25.17
10/12/2019	490.86	843.00	5890.37	5.89	25.91
11/12/2019	449.45	887.00	5393.35	5.39	25.23
12/12/2019	453.71	972.00	5444.54	5.44	25.49
13/12/2019	536.95	971.00	6443.36	6.44	26.02
14/12/2019	412.38	792.40	4948.52	4.95	24.93
15/12/2019	419.51	977.70	5034.15	5.03	26.48
16/12/2019	299.22	574.40	3590.68	3.59	25.73
17/12/2019	354.54	724.50	4254.52	4.25	25.78
18/12/2019	372.03	699.40	4464.33	4.46	25.66
19/12/2019	333.51	690.60	4002.15	4.00	24.67
20/12/2019	309.09	700.10	3709.09	3.71	25.26
21/12/2019	559.88	1158.00	6718.50	6.72	25.30
22/12/2019	532.05	986.00	6384.61	6.38	26.19
23/12/2019	329.59	669.30	3955.05	3.96	25.54
24/12/2019	386.41	702.80	4636.91	4.64	25.68
25/12/2019	561.68	971.00	6740.19	6.74	25.94
26/12/2019	354.43	657.30	4253.11	4.25	26.13
27/12/2019	493.87	955.00	5926.38	5.93	25.36
28/12/2019	398.53	954.00	4782.33	4.78	25.44
29/12/2019	375.98	656.10	4511.80	4.51	24.82
30/12/2019	487.80	848.00	5853.55	5.85	24.89
31/12/2019	398.08	879.00	4776.94	4.78	25.00
1/1/2020	299.66	862.00	3595.87	3.60	25.33
2/1/2020	311.96	722.30	3743.56	3.74	25.64
3/1/2020	368.28	788.60	4419.32	4.42	25.24
4/1/2020	440.07	771.40	5280.87	5.28	25.37
5/1/2020	550.52	976.00	6606.22	6.61	25.64
6/1/2020	594.93	1042.00	7139.17	7.14	25.55
7/1/2020	500.07	871.00	6000.84	6.00	26.26
8/1/2020	330.01	578.80	3960.06	3.96	25.13

Estación de Medición Solar Jaén

FECHA	Promedio (W/m2))	Máximo (W/m2)	Prom. Acumulado (Wh/m2)	Hora Solar Pico	Temperatura (°C)
9/1/2020	538.87	959.00	6466.46	6.47	25.99
10/1/2020	333.69	648.70	4004.31	4.00	25.61
11/1/2020	319.09	891.00	3829.07	3.83	25.17
12/1/2020	325.08	689.30	3900.95	3.90	24.52
13/1/2020	303.88	643.40	3646.56	3.65	24.49
14/1/2020	296.61	553.10	3559.30	3.56	23.99
15/1/2020	290.63	622.60	3487.58	3.49	23.87
16/1/2020	224.56	528.20	2694.77	2.69	24.60
17/1/2020	421.12	824.00	5053.48	5.05	25.95
18/1/2020	277.68	533.20	3332.11	3.33	23.98
19/1/2020	222.93	363.50	2675.16	2.68	24.40
20/1/2020	585.66	1009.00	7027.90	7.03	24.87
21/1/2020	550.58	993.00	6606.90	6.61	25.37
22/1/2020	573.18	1020.00	6878.12	6.88	25.81
23/1/2020	363.76	899.00	4365.06	4.37	25.28
24/1/2020	520.73	968.00	6248.76	6.25	25.16
25/1/2020	524.10	1107.00	6289.15	6.29	26.71
26/1/2020	253.39	514.70	3040.72	3.04	25.22
27/1/2020	598.55	1019.00	7182.58	7.18	25.55
28/1/2020	298.35	627.60	3580.20	3.58	25.17
29/1/2020	352.55	965.00	4230.65	4.23	25.65
30/1/2020	386.65	895.40	4639.76	4.64	24.93
31/1/2020	268.75	606.90	3224.98	3.22	24.42
1/2/2020	215.94	505.00	2591.25	2.59	24.51
2/2/2020	415.35	975.00	4984.14	4.98	24.67
3/2/2020	387.26	851.00	4647.15	4.65	25.30
4/2/2020	378.30	702.30	4539.58	4.54	25.02
5/2/2020	390.36	1103.00	4684.30	4.68	26.24
6/2/2020	360.84	891.00	4330.11	4.33	25.19
7/2/2020	369.63	704.50	4435.61	4.44	25.57
8/2/2020	519.49	945.00	6233.90	6.23	25.98
9/2/2020	318.46	646.60	3821.47	3.82	25.55
10/2/2020	310.44	657.02	3725.32	3.73	24.54
11/2/2020	412.86	910.00	4954.30	4.95	25.28
12/2/2020	419.45	950.00	5033.36	5.03	25.56

Estación de Medición Solar Jaén

FECHA	Promedio (W/m2))	Máximo (W/m2)	Prom. Acumulado (Wh/m2)	Hora Solar Pico	Temperatura (°C)
13/2/2020	458.10	936.60	5497.20	5.50	26.03
14/2/2020	344.79	944.00	4137.50	4.14	25.44
15/2/2020	331.76	589.10	3981.13	3.98	24.34
16/2/2020	255.77	653.60	3069.22	3.07	24.95
17/2/2020	301.00	856.80	3611.98	3.61	24.84
18/2/2020	302.58	664.90	3630.92	3.63	25.25
19/2/2020	354.85	726.50	4258.19	4.26	25.56
20/2/2020	578.29	1017.00	6939.52	6.94	26.58
21/2/2020	553.97	957.00	6647.58	6.65	26.74
22/2/2020	470.75	976.40	5648.94	5.65	27.11
23/2/2020	343.46	971.50	4121.46	4.12	26.55
24/2/2020	570.53	1065.00	6846.33	6.85	26.47
25/2/2020	531.84	938.00	6382.07	6.38	26.38
26/2/2020	481.47	998.50	5777.60	5.78	25.88
27/2/2020	534.33	1097.00	6412.00	6.41	26.56
28/2/2020	492.88	1031.00	5914.51	5.91	25.61
29/2/2020	270.93	520.00	3251.11	3.25	25.26
1/3/2020	435.39	750.30	5224.68	5.22	25.12
2/3/2020	411.97	921.60	4943.60	4.94	25.74
3/3/2020	487.25	1037.00	5847.02	5.85	26.43
4/3/2020	419.14	762.40	5029.62	5.03	25.34
5/3/2020	487.38	935.00	5848.57	5.85	25.85
6/3/2020	573.02	1059.00	6876.20	6.88	26.07
7/3/2020	583.94	987.00	7007.31	7.01	26.28
8/3/2020	547.24	981.00	6566.90	6.57	25.59
9/3/2020	262.99	601.30	3155.88	3.16	24.16
10/3/2020	534.03	987.00	6408.30	6.41	26.17
11/3/2020	346.66	739.40	4159.96	4.16	25.70
12/3/2020	531.54	886.00	6378.52	6.38	26.17
13/3/2020	604.50	1008.00	7254.05	7.25	25.61
14/3/2020	294.72	574.00	3536.61	3.54	25.33
15/3/2020	558.67	1093.00	6704.09	6.70	25.94
16/3/2020	427.82	864.20	5133.84	5.13	25.71
17/3/2020	224.52	527.00	2694.23	2.69	25.15
18/3/2020	504.12	1028.00	6049.38	6.05	26.30

Estación de Medición Solar Jaén

FECHA	Promedio (W/m2))	Máximo (W/m2)	Prom. Acumulado (Wh/m2)	Hora Solar Pico	Temperatura (°C)
19/3/2020	548.60	1006.00	6583.18	6.58	25.91
20/3/2020	533.89	907.00	6406.63	6.41	25.79
21/3/2020	536.16	990.00	6433.90	6.43	25.98
22/3/2020	510.77	921.30	6129.29	6.13	25.35
23/3/2020	387.22	792.20	4646.66	4.65	25.62
24/3/2020	366.41	711.20	4396.94	4.40	25.06
25/3/2020	488.92	1035.00	5867.00	5.87	25.99
26/3/2020	481.08	937.50	5772.91	5.77	25.86
27/3/2020	540.72	979.00	6488.66	6.49	25.55
28/3/2020	388.78	961.20	4665.37	4.67	25.41
29/3/2020	421.97	964.80	5063.62	5.06	25.96
30/3/2020	445.43	908.40	5345.17	5.35	25.30
31/3/2020	492.34	975.20	5908.12	5.91	25.62
1/4/2020	473.23	989.30	5678.81	5.68	25.64
2/4/2020	442.94	892.30	5315.27	5.32	25.64
3/4/2020	483.43	994.70	5801.12	5.80	25.49
4/4/2020	554.83	1054.20	6657.97	6.66	26.30
5/4/2020	472.60	1065.00	5671.19	5.67	26.39
6/4/2020	413.29	845.70	4959.46	4.96	25.73
7/4/2020	438.43	843.00	5261.15	5.26	25.42
8/4/2020	393.43	775.20	4721.21	4.72	25.41
9/4/2020	455.86	934.00	5470.28	5.47	25.74
10/4/2020	546.24	1023.20	6554.90	6.55	25.52
11/4/2020	434.54	998.60	5214.53	5.21	25.88
12/4/2020	535.81	956.00	6429.66	6.43	25.99
13/4/2020	406.25	920.00	4875.05	4.88	25.75
14/4/2020	464.42	983.50	5573.09	5.57	25.95
15/4/2020	494.01	1018.80	5928.08	5.93	25.95
16/4/2020	473.54	877.40	5682.53	5.68	25.48
17/4/2020	391.93	812.00	4703.21	4.70	25.64
18/4/2020	442.92	881.60	5315.03	5.32	25.40
19/4/2020	573.98	1031.00	6887.81	6.89	25.77
20/4/2020	510.28	930.00	6123.40	6.12	25.60
21/4/2020	553.73	918.00	6644.73	6.64	25.00
22/4/2020	554.08	993.00	6648.97	6.65	25.49

Estación de Medición Solar Jaén

FECHA	Promedio (W/m2))	Máximo (W/m2)	Prom. Acumulado (Wh/m2)	Hora Solar Pico	Temperatura (°C)
23/4/2020	539.45	947.00	6473.45	6.47	25.36
24/4/2020	509.64	911.00	6115.71	6.12	25.13
25/4/2020	530.15	993.00	6361.85	6.36	26.12
26/4/2020	402.55	889.20	4830.55	4.83	25.43
27/4/2020	381.36	865.70	4576.28	4.58	26.03
28/4/2020	530.85	971.00	6370.20	6.37	25.76
29/4/2020	458.90	973.10	5506.80	5.51	25.85
30/4/2020	487.90	947.20	5854.74	5.85	25.92
1/5/2020	449.23	890.00	5390.79	5.39	25.83
2/5/2020	456.18	923.90	5474.15	5.47	25.55
3/5/2020	414.76	900.20	4977.17	4.98	26.27
4/5/2020	422.55	890.40	5070.59	5.07	25.52
5/5/2020	507.96	929.10	6095.47	6.10	25.18
6/5/2020	484.40	885.90	5812.74	5.81	25.67
7/5/2020	337.17	819.00	4046.00	4.05	26.00
8/5/2020	505.08	1050.00	6061.00	6.06	26.12
9/5/2020	372.25	897.00	4467.00	4.47	25.50
10/5/2020	501.92	929.00	6023.00	6.02	26.47
11/5/2020	530.50	878.00	6366.00	6.37	26.59
12/5/2020	527.92	930.00	6335.00	6.34	27.62
13/5/2020	368.42	843.00	4421.00	4.42	26.58
14/5/2020	432.67	950.00	5192.00	5.19	26.97
15/5/2020	498.58	1112.00	5983.00	5.98	27.41
16/5/2020	326.33	942.00	3916.00	3.92	24.86
17/5/2020	395.58	1100.00	4747.00	4.75	25.96
18/5/2020	403.17	945.00	4838.00	4.84	26.72
19/5/2020	460.67	928.00	5528.00	5.53	26.99
20/5/2020	280.50	845.00	3366.00	3.37	25.51
21/5/2020	325.75	926.00	3909.00	3.91	26.50
22/5/2020	366.58	802.00	4399.00	4.40	27.03
23/5/2020	279.08	1040.00	3349.00	3.35	25.85
24/5/2020	441.33	1126.00	5296.00	5.30	25.77
25/5/2020	498.92	1010.00	5987.00	5.99	25.57
26/5/2020	394.08	914.00	4729.00	4.73	25.22
27/5/2020	478.08	877.00	5737.00	5.74	25.49

Estación de Medición Solar Jaén

FECHA	Promedio (W/m2))	Máximo (W/m2)	Prom. Acumulado (Wh/m2)	Hora Solar Pico	Temperatura (°C)
28/5/2020	506.58	885.00	6079.00	6.08	26.16
29/5/2020	498.08	869.00	5977.00	5.98	26.44
30/5/2020	273.00	818.00	3276.00	3.28	26.17
31/5/2020	304.33	613.00	3652.00	3.65	25.59
1/6/2020	457.00	948.00	5484.00	5.48	26.05
2/6/2020	370.83	901.00	4450.00	4.45	26.64
3/6/2020	449.50	928.00	5394.00	5.39	26.57
4/6/2020	307.42	812.00	3689.00	3.69	26.32
5/6/2020	239.58	980.00	2875.00	2.88	23.33
6/6/2020	314.17	776.00	3770.00	3.77	23.77
7/6/2020	507.83	879.00	6094.00	6.09	25.93
8/6/2020	479.58	971.00	5755.00	5.76	26.30
9/6/2020	497.33	861.00	5968.00	5.97	26.57
10/6/2020	538.17	952.00	6458.00	6.46	26.02
11/6/2020	527.67	932.00	6332.00	6.33	25.93
12/6/2020	516.42	983.00	6197.00	6.20	26.56
13/6/2020	548.50	1021.00	6582.00	6.58	26.37
14/6/2020	489.83	936.00	5878.00	5.88	26.19
15/6/2020	429.50	853.00	5154.00	5.15	26.20
16/6/2020	328.00	632.00	3936.00	3.94	26.41
17/6/2020	376.86	716.00	4522.34	4.52	26.56
18/6/2020	214.05	463.56	2568.54	2.57	25.42
19/6/2020	461.76	882.28	5541.15	5.54	26.56
20/6/2020	412.33	860.83	4947.91	4.95	25.38
21/6/2020	392.03	852.05	4704.30	4.70	25.26
22/6/2020	324.04	688.10	3888.52	3.89	25.28
23/6/2020	477.55	861.75	5730.60	5.73	26.56
24/6/2020	366.72	822.60	4400.65	4.40	25.67
25/6/2020	302.51	596.07	3630.17	3.63	25.90
26/6/2020	170.45	461.68	2045.39	2.05	22.67
27/6/2020	346.59	767.03	4159.02	4.16	23.04
28/6/2020	494.92	853.83	5939.01	5.94	25.57
29/6/2020	285.70	819.39	3428.36	3.43	23.87
30/6/2020	447.10	870.92	5365.20	5.37	25.20
1/7/2020	323.39	615.29	3880.65	3.88	25.31

Estación de Medición Solar Jaén					
FECHA	Promedio (W/m2))	Máximo (W/m2)	Prom. Acumulado (Wh/m2)	Hora Solar Pico	Temperatura (°C)
2/7/2020	322.89	667.12	3874.69	3.87	25.23
3/7/2020	336.47	906.45	4037.58	4.04	24.74
4/7/2020	331.32	709.35	3975.88	3.98	24.56
5/7/2020	437.54	872.83	5250.47	5.25	25.92
6/7/2020	344.26	681.84	4131.11	4.13	25.31
7/7/2020	444.92	768.28	5339.09	5.34	25.74
8/7/2020	334.42	767.64	4013.06	4.01	24.93
9/7/2020	382.55	844.13	4590.65	4.59	24.66
10/7/2020	275.00	645.10	3300.04	3.30	23.21
11/7/2020	380.30	813.00	4563.57	4.56	25.02
12/7/2020	480.51	871.00	5766.06	5.77	25.88
13/7/2020	367.76	882.00	4413.16	4.41	25.18
14/7/2020	434.89	866.00	5218.67	5.22	24.81
15/7/2020	289.29	635.00	3471.47	3.47	22.82
16/7/2020	468.23	861.00	5618.72	5.62	25.31
17/7/2020	484.63	920.00	5815.59	5.82	25.93
18/7/2020	445.87	852.00	5350.41	5.35	25.81
19/7/2020	385.94	771.30	4631.29	4.63	25.65
20/7/2020	468.22	875.00	5618.61	5.62	25.80
21/7/2020	382.90	756.40	4594.78	4.59	26.14
22/7/2020	499.42	876.00	5993.05	5.99	27.44
23/7/2020	498.62	910.00	5983.49	5.98	27.55
24/7/2020	368.99	684.60	4427.90	4.43	26.59
25/7/2020	346.90	857.00	4162.81	4.16	26.22
26/7/2020	261.51	580.10	3138.06	3.14	24.75
27/7/2020	444.99	879.00	5339.92	5.34	25.22
28/7/2020	483.40	918.00	5800.81	5.80	26.54
29/7/2020	487.14	846.00	5845.64	5.85	27.27
30/7/2020	233.08	590.70	2796.93	2.80	22.62
31/7/2020	284.71	766.40	3416.49	3.42	23.24

* Todos los datos que se muestran, estan promediados desde las 7:00am hasta las 6:00pm.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA IFA - UNJ

Date	Time	Temp Out	Hi Temp	Low Temp	Out Hum	Dew Pt.	Wind Speed	Wind Dir	Wind Run	Hi Speed	Hi Dir	Hi THSW Index	Bar	Rain	Rain Rate	Solar Rad.	Solar Energy	Hi Solar Rad.	UV Index	UV Dose	Hi UV
21/12/19	12:00 AM	23.3	23.4	23.3	84	20.4	0	---	0	0	---	23.4	1009.8	0	0	0	0	0	0	0	0
21/12/19	12:15 AM	23.2	23.3	23.2	83	20.2	0	---	0	0	---	23.4	1009.6	0	0	0	0	0	0	0	0
21/12/19	12:30 AM	23.2	23.2	23.2	84	20.3	0	---	0	0	---	23.3	1009.6	0	0	0	0	0	0	0	0
21/12/19	12:45 AM	23.2	23.2	23.2	84	20.3	0	---	0	0	---	23.3	1009.4	0	0	0	0	0	0	0	0
21/12/19	1:00 AM	23.1	23.2	23.1	84	20.3	0	---	0	0	---	23.3	1009.3	0	0	0	0	0	0	0	0
21/12/19	1:15 AM	23.1	23.1	23.1	83	20.1	0	---	0	0	---	23.3	1009.1	0	0	0	0	0	0	0	0
21/12/19	1:30 AM	23.1	23.1	23.1	82	19.9	0	SE	0	0.9	SE	23.2	1008.8	0	0	0	0	0	0	0	0
21/12/19	1:45 AM	23.1	23.1	23.1	84	20.3	0	SE	0	0.9	SE	23.3	1008.6	0	0	0	0	0	0	0	0
21/12/19	2:00 AM	23.2	23.2	23.1	86	20.7	0	---	0	0	---	23.4	1008.4	0	0	0	0	0	0	0	0
21/12/19	2:15 AM	23.1	23.2	23.1	86	20.6	0	---	0	0	---	23.3	1008.3	0	0	0	0	0	0	0	0
21/12/19	2:30 AM	22.9	23.1	22.9	85	20.2	0	---	0	0	---	23.1	1008.1	0	0	0	0	0	0	0	0
21/12/19	2:45 AM	22.7	22.9	22.7	84	19.8	0	---	0	0	---	22.7	1007.9	0	0	0	0	0	0	0	0
21/12/19	3:00 AM	22.7	22.7	22.7	85	20	0	---	0	0	---	22.8	1007.8	0	0	0	0	0	0	0	0
21/12/19	3:15 AM	22.6	22.7	22.6	85	20	0	---	0	0	---	22.7	1007.8	0	0	0	0	0	0	0	0
21/12/19	3:30 AM	22.6	22.6	22.6	84	19.7	0	---	0	0	---	22.6	1007.8	0	0	0	0	0	0	0	0
21/12/19	3:45 AM	22.5	22.6	22.5	84	19.7	0	---	0	0	---	22.5	1007.8	0	0	0	0	0	0	0	0
21/12/19	4:00 AM	22.5	22.6	22.5	84	19.7	0.4	SE	0.4	1.3	SE	22.5	1007.9	0	0	0	0	0	0	0	0
21/12/19	4:15 AM	22.6	22.6	22.5	87	20.3	0	SE	0	0.4	SE	22.8	1008	0	0	0	0	0	0	0	0
21/12/19	4:30 AM	22.7	22.7	22.6	88	20.6	0	SE	0	0.4	SE	22.9	1008	0	0	0	0	0	0	0	0
21/12/19	4:45 AM	22.5	22.7	22.5	88	20.4	0	SE	0	0.4	SE	22.7	1008.2	0	0	0	0	0	0	0	0
21/12/19	5:00 AM	22.3	22.6	22.3	88	20.2	0	SE	0	0.9	SE	22.5	1008.4	0	0	0	0	0	0	0	0
21/12/19	5:15 AM	22.2	22.3	22.2	88	20.1	0	---	0	0	---	22.3	1008.5	0	0	0	0	0	0	0	0
21/12/19	5:30 AM	22.2	22.3	22.2	87	20	0	---	0	0	---	22.3	1008.8	0	0	0	0	0	0	0	0
21/12/19	5:45 AM	22.3	22.3	22.2	88	20.2	0	SE	0	0.4	SE	22.5	1009.1	0	0	0	0	0	0	0	0
21/12/19	6:00 AM	22.3	22.3	22.3	88	20.2	0	---	0	0	---	22.4	1009.4	0	0	0	0	0	0	0	0
21/12/19	6:15 AM	22.2	22.3	22.2	88	20.1	0	---	0	0	---	22.3	1009.6	0	0	3	0.06	7	0	0	0
21/12/19	6:30 AM	22.2	22.2	22.2	88	20.1	0	---	0	0	---	22.5	1009.9	0	0	13	0.28	19	0	0	0
21/12/19	6:45 AM	22.4	22.4	22.2	87	20.2	0	---	0	0	---	23	1010.2	0	0	33	0.71	39	0	0	0
21/12/19	7:00 AM	22.5	22.5	22.4	87	20.2	0	---	0	0	---	23.2	1010.3	0	0	41	0.88	49	0	0	0
21/12/19	7:15 AM	22.6	22.6	22.5	87	20.3	0	---	0	0	---	23.5	1010.4	0	0	52	1.12	65	0	0	0
21/12/19	7:30 AM	22.8	22.8	22.6	86	20.4	0	SE	0	0.9	SE	24.3	1010.5	0	0	92	1.98	116	0	0	0.5
21/12/19	7:45 AM	22.9	22.9	22.8	87	20.7	0.4	SE	0.4	0.9	SE	25.2	1010.7	0	0	151	3.25	185	0.6	0.06	0.7
21/12/19	8:00 AM	23.3	23.3	22.9	87	21	0.4	SSW	0.4	1.3	SSE	27.4	1010.7	0	0	170	3.66	186	0.7	0.07	0.7
21/12/19	8:15 AM	23.3	23.3	23.2	86	20.9	0.4	SSW	0.4	1.3	WSW	28.1	1010.8	0	0	214	4.6	244	1	0.11	1.1
21/12/19	8:30 AM	23.4	23.5	23.3	83	20.4	0.4	NW	0.4	1.8	NW	28.4	1011	0	0	219	4.71	267	1.1	0.12	1.2
21/12/19	8:45 AM	23.7	23.7	23.4	83	20.7	0.4	WNW	0.4	1.3	WNW	29	1011.2	0	0	226	4.86	241	1.3	0.14	1.5
21/12/19	9:00 AM	23.9	23.9	23.7	82	20.7	0.4	WNW	0.4	1.3	WNW	28.8	1011.3	0	0	208	4.47	237	1.4	0.15	1.5
21/12/19	9:15 AM	24.3	24.3	23.9	80	20.6	0.4	WNW	0.4	1.3	WNW	29.6	1011.1	0	0	248	5.33	323	1.7	0.18	2.3
21/12/19	9:30 AM	24.7	24.7	24.3	78	20.6	0.4	WNW	0.4	0.9	WNW	31.6	1011	0	0	399	8.58	469	2.9	0.31	3.5
21/12/19	9:45 AM	25.8	25.8	24.7	76	21.3	0.4	NW	0.4	2.2	WNW	35.6	1011	0	0	717	15.42	984	5.1	0.55	5.9
21/12/19	10:00 AM	26.5	26.5	25.8	73	21.3	0.9	N	0.8	2.2	NNE	35.5	1010.7	0	0	716	15.4	969	5.1	0.55	6.6
21/12/19	10:15 AM	27.1	27.1	26.5	70	21.1	0.9	WNW	0.8	2.7	W	34.8	1010.5	0	0	545	11.72	805	4.8	0.51	6.7
21/12/19	10:30 AM	26.7	27.1	26.7	70	20.8	0.9	W	0.8	3.1	WSW	33.3	1010.4	0	0	441	9.48	1313	4.4	0.47	6.8
21/12/19	10:45 AM	26.6	26.7	26.6	71	20.9	0.9	WSW	0.8	1.8	SW	32.7	1010.1	0	0	414	8.9	529	4.7	0.5	6.7
21/12/19	11:00 AM	27.2	27.2	26.6	69	21	0.9	WSW	0.8	2.2	WSW	38.4	1009.7	0	0	1172	25.2	1341	8.5	0.91	10
21/12/19	11:15 AM	27.3	27.4	27.2	69	21.1	0.9	N	0.8	2.7	NNW	35.2	1009.6	0	0	786	16.9	1369	6.8	0.73	10
21/12/19	11:30 AM	27.8	27.8	27.3	65	20.6	0.9	NNW	0.8	2.7	W	33.9	1009.3	0	0	412	8.86	452	4.3	0.46	4.9
21/12/19	11:45 AM	27.9	27.9	27.7	65	20.8	0.9	W	0.8	2.7	W	35	1008.9	0	0	505	10.86	951	5.8	0.62	9.6
21/12/19	12:00 PM	28.2	28.2	27.9	64	20.8	0.9	WSW	0.8	3.1	W	35.8	1008.7	0	0	929	19.98	1202	8.8	0.94	10.4
21/12/19	12:15 PM	28.9	28.9	28.3	62	20.9	0.9	NW	0.8	2.7	NW	37.8	1008.2	0	0	812	17.46	1229	8.4	0.9	10.7
21/12/19	12:30 PM	29.1	29.1	28.8	61	20.8	0.4	W	0.4	2.7	WNW	37.2	1007.9	0	0	582	12.51	668	6.7	0.72	8.5
21/12/19	12:45 PM	29.2	29.3	29.1	61	20.9	0.9	W	0.8	2.7	W	37.5	1007.4	0	0	941	20.23	1218	8.2	0.88	10.5
21/12/19	1:00 PM	29.8	29.9	29.2	57	20.4	0.9	W	0.8	3.1	W	38	1007.1	0	0	612	13.16	1185	7	0.75	9.8
21/12/19	1:15 PM	30.2	30.2	29.7	55	20.1	0.9	WSW	0.8	4	W	37.3	1006.8	0	0	475	10.21	578	6.9	0.74	9
21/12/19	1:30 PM	30.1	30.2	30	56	20.4	1.3	WSW	1.21	4	WSW	38.9	1006.5	0	0	726	15.61	997	7.2	0.77	9
21/12/19	1:45 PM	30.8	30.8	30.1	51	19.5	1.3	W	1.21	3.1	WSW	39	1006.2	0	0	668	14.36	1002	6.8	0.73	8.9

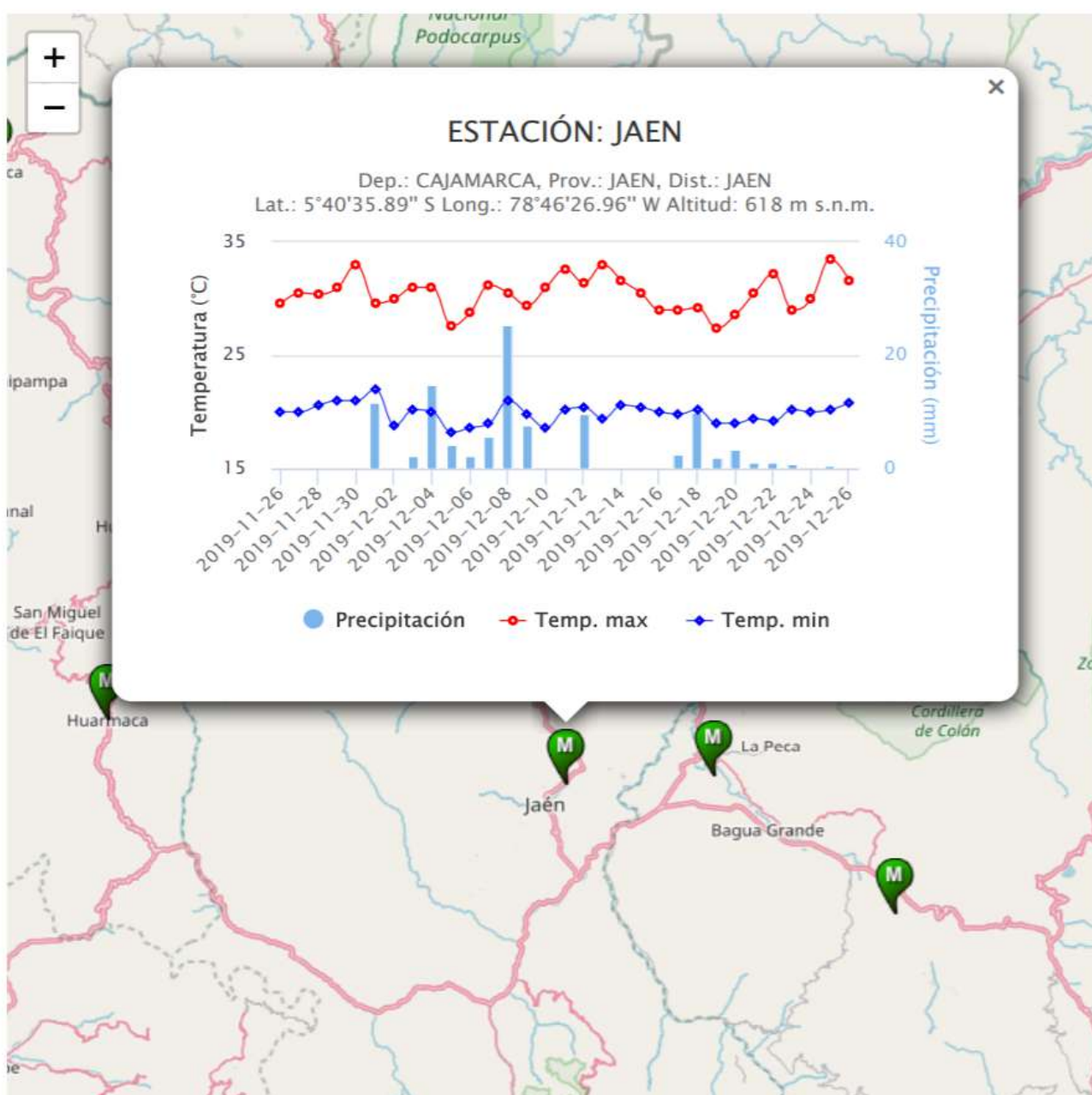
ESTACIÓN METEOROLÓGICA IFA - UNJ

Date	Time	Temp Out	Hi Temp	Low Temp	Out Hum	Dew Pt.	Wind Speed	Wind Dir	Wind Run	Hi Speed	Hi Dir	THSW Index	Bar	Rain	Rain Rate	Solar Rad.	Solar Energy	Hi Solar Rad.	UV Index	UV Dose	Hi UV
21/12/19	2:00 PM	31.2	31.2	30.7	52	20.2	1.3 W		1.21	3.1 SW	39.1	1005.8	0	0	999	21.48	1078	7.6	0.81	8.3	
21/12/19	2:15 PM	31.6	31.6	31.3	51	20.2	1.3 W		1.21	4 WNW	40.4	1005.7	0	0	680	14.62	1162	5.4	0.58	8	
21/12/19	2:30 PM	30.4	31.6	30.4	54	20.1	1.8 W		1.61	4.5 W	35.2	1005.7	0	0	236	5.07	570	2.2	0.24	4.7	
21/12/19	2:45 PM	29.3	30.4	29.3	57	19.9	2.2 WSW		2.01	5.8 W	33.8	1005.5	0	0	263	5.66	309	2.4	0.26	2.7	
21/12/19	3:00 PM	28.4	29.3	28.4	60	19.9	2.2 WSW		2.01	4.9 WNW	33.1	1005.6	0	0	291	6.26	334	2.5	0.27	2.8	
21/12/19	3:15 PM	28.6	28.7	28.4	61	20.4	1.3 W		1.21	4 W	33.8	1005.4	0	0	301	6.47	367	2.2	0.24	2.9	
21/12/19	3:30 PM	27.4	28.6	27.4	63	19.8	2.7 SSW		2.41	6.7 SW	28.7	1005.6	0	0	55	1.18	79	0.2	0.02	0.6	
21/12/19	3:45 PM	26.8	27.4	26.8	62	18.9	3.1 SSW		2.82	7.6 SSE	28.4	1005.8	0	0	109	2.34	128	0.8	0.09	1	
21/12/19	4:00 PM	27.1	27.1	26.8	61	18.9	1.3 SSW		1.21	3.6 SSW	28.8	1005.9	0	0	101	2.17	109	0.7	0.07	0.7	
21/12/19	4:15 PM	27.3	27.3	27.1	59	18.6	1.3 S		1.21	3.6 S	28.8	1005.9	0	0	99	2.13	109	0.6	0.06	0.7	
21/12/19	4:30 PM	27.1	27.3	27.1	66	20.2	0.9 SSW		0.8	2.7 SW	28.7	1006	0	0	62	1.33	77	0	0	0	
21/12/19	4:45 PM	26.3	27.1	26.3	74	21.3	0.4 NW		0.4	1.8 NNW	27.9	1006.1	0	0	43	0.92	51	0	0	0	
21/12/19	5:00 PM	25.4	26.3	25.4	75	20.6	0 ---		0	0 ---	26.6	1006.2	0.8	3	29	0.62	35	0	0	0	
21/12/19	5:15 PM	24.4	25.4	24.4	81	20.9	0 NW		0	0.9 NW	25.5	1006.1	0.4	3	16	0.34	21	0	0	0	
21/12/19	5:30 PM	23.7	24.4	23.7	83	20.7	0.4 W		0.4	2.7 W	24.7	1006.1	0	0	14	0.3	14	0	0	0	
21/12/19	5:45 PM	23.3	23.7	23.3	84	20.5	0.4 SSE		0.4	1.8 SSE	23.9	1005.8	0.2	0	10	0.22	12	0	0	0	
21/12/19	6:00 PM	23.1	23.3	23.1	84	20.3	0.4 ESE		0.4	1.8 E	23.6	1005.7	0.4	1	7	0.15	7	0	0	0	
21/12/19	6:15 PM	23.1	23.1	22.9	89	21.1	0.4 ESE		0.4	2.2 SSW	23.7	1005.8	0	0.8	4	0.09	7	0	0	0	
21/12/19	6:30 PM	22.7	23.1	22.7	88	20.6	1.3 SW		1.21	2.7 W	23.2	1006.2	0	0	0	0	0	0	0	0	
21/12/19	6:45 PM	22.6	22.7	22.6	88	20.5	0.4 SW		0.4	1.8 SW	22.9	1006.6	0	0	0	0	0	0	0	0	
21/12/19	7:00 PM	22.6	22.6	22.6	88	20.5	0 SW		0	1.3 SW	22.8	1006.7	0	0	0	0	0	0	0	0	
21/12/19	7:15 PM	22.6	22.6	22.6	88	20.5	0 SW		0	1.3 SW	22.8	1007.1	0	0	0	0	0	0	0	0	
21/12/19	7:30 PM	22.5	22.6	22.5	89	20.6	0.4 SE		0.4	1.8 SSE	22.8	1007.4	0	0	0	0	0	0	0	0	
21/12/19	7:45 PM	22.3	22.5	22.3	88	20.2	0 SE		0	1.3 SE	22.4	1007.6	0	0	0	0	0	0	0	0	
21/12/19	8:00 PM	22.2	22.3	22.2	88	20.1	0 ---		0	0 ---	22.3	1007.9	0	0	0	0	0	0	0	0	
21/12/19	8:15 PM	22.2	22.2	22.2	87	20	0 ---		0	0 ---	22.3	1008.3	0	0	0	0	0	0	0	0	
21/12/19	8:30 PM	22.3	22.3	22.2	86	19.8	0.4 SE		0.4	1.3 SE	22.3	1008.5	0	0	0	0	0	0	0	0	
21/12/19	8:45 PM	22.4	22.4	22.3	88	20.4	0 SSE		0	0.4 SSE	22.7	1008.8	0	0	0	0	0	0	0	0	
21/12/19	9:00 PM	22.5	22.6	22.4	88	20.4	0 ---		0	0 ---	22.7	1008.9	0	0	0	0	0	0	0	0	
21/12/19	9:15 PM	22.4	22.6	22.4	87	20.1	0 SSE		0	0.4 SSE	22.6	1009.1	0	0	0	0	0	0	0	0	
21/12/19	9:30 PM	22.2	22.4	22.2	86	19.8	0.9 SSE		0.8	1.8 SSE	22.2	1009.4	0	0	0	0	0	0	0	0	
21/12/19	9:45 PM	22.2	22.2	22.2	86	19.7	0.4 SE		0.4	1.3 SSE	22.2	1009.7	0	0	0	0	0	0	0	0	
21/12/19	10:00 PM	22.1	22.2	22.1	86	19.7	0.4 SE		0.4	1.3 SE	22.1	1009.8	0	0	0	0	0	0	0	0	
21/12/19	10:15 PM	22.1	22.1	22	85	19.4	0.4 SE		0.4	1.3 SE	22	1009.9	0	0	0	0	0	0	0	0	
21/12/19	10:30 PM	22.2	22.2	22.1	86	19.8	0.4 SE		0.4	0.9 SE	22.2	1010.1	0	0	0	0	0	0	0	0	
21/12/19	10:45 PM	21.9	22.2	21.9	84	19.1	0.4 SE		0.4	1.3 SE	21.8	1010.1	0	0	0	0	0	0	0	0	
21/12/19	11:00 PM	22.1	22.1	21.9	85	19.4	0 ---		0	0 ---	22	1010.2	0	0	0	0	0	0	0	0	
21/12/19	11:15 PM	22.1	22.1	22	86	19.6	0 ---		0	0 ---	22.1	1010.4	0	0	0	0	0	0	0	0	
21/12/19	11:30 PM	21.8	22.1	21.8	85	19.1	0 SE		0	0.9 SE	21.7	1010.2	0	0	0	0	0	0	0	0	
21/12/19	11:45 PM	21.6	21.8	21.6	85	19	0.4 SE		0.4	0.9 SE	21.6	1010	0	0	0	0	0	0	0	0	

Pronóstico: (01) 614 1407 (tel:+511 614 1401)



Estaciones Convencionales



GLOBAL SOLAR ATLAS

BY WORLD BANK GROUP

Jaen

📍 -05° 42' 32", -78° 48' 28"
 Plaza de Armas - Jaen, Jaen, Cajamarca, Peru
 Time zone: UTC-05, America/Lima [-05]

🕒 Report generated: 21 Dec 2019

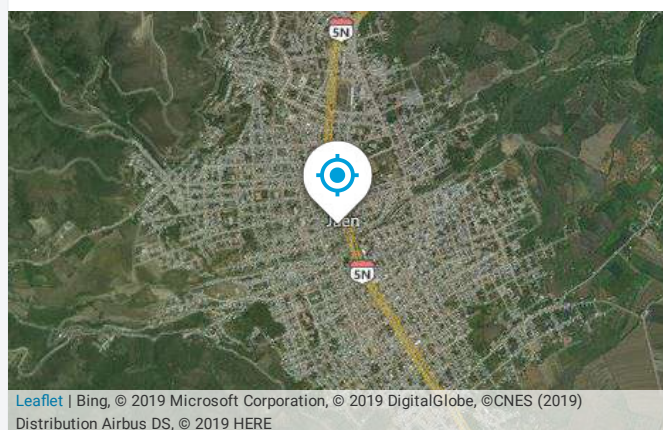
SITE INFO

Map data

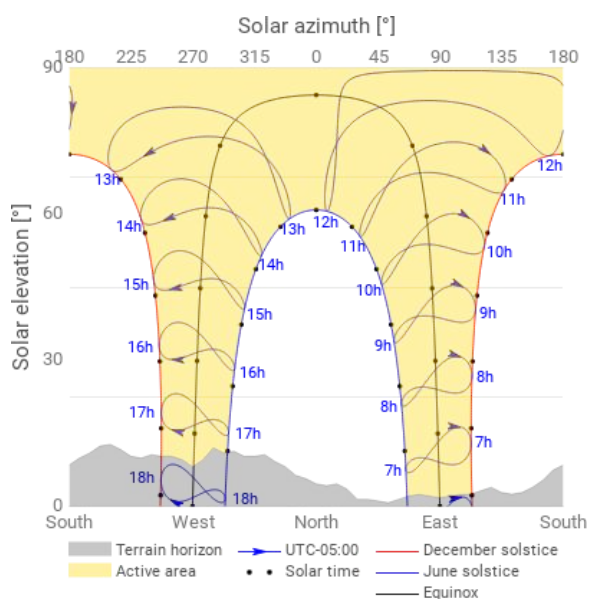
Per year ▾

Specific photovoltaic power output	PVOUT specific	1489	kWh/kWp
Direct normal irradiation	DNI	1257	kWh/m ²
Global horizontal irradiation	GHI	1844	kWh/m ²
Diffuse horizontal irradiation	DIF	918	kWh/m ²
Global tilted irradiation at optimum angle	GTI _{opta}	1857	kWh/m ²
Optimum tilt of PV modules	OPTA	8 / 0	°
Air temperature	TEMP	21.6	°C
Terrain elevation	ELE	723	m

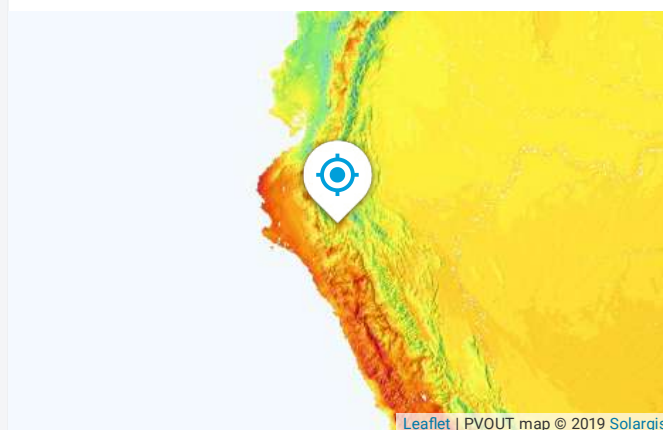
Map



Horizon and sunpath



PVOUT map



GLOBAL SOLAR ATLAS

BY WORLD BANK GROUP

PV ELECTRICITY AND SOLAR RADIATION

Annual averages

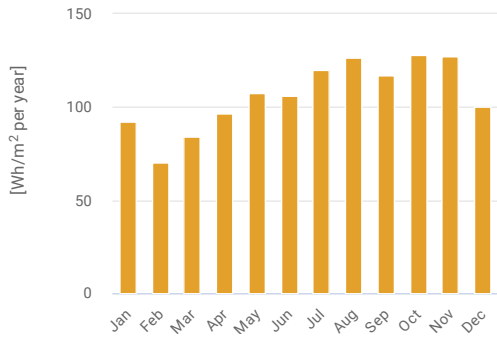
Direct normal irradiation

1277

kWh/m² per year

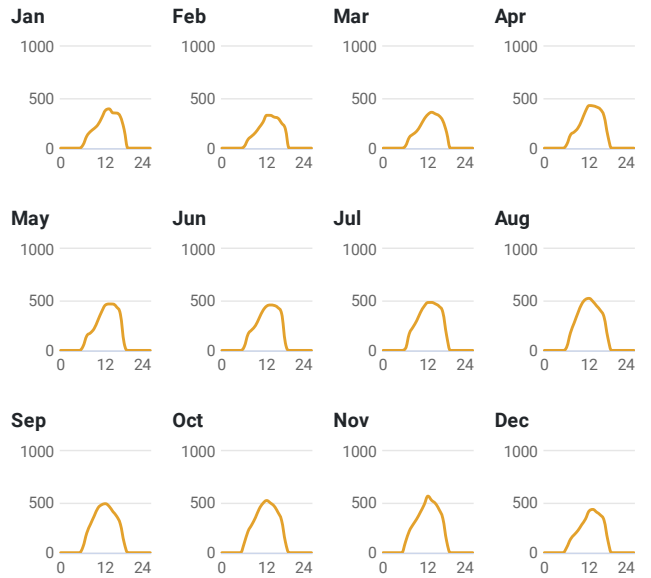
Monthly averages

Direct normal irradiation



Average hourly profiles

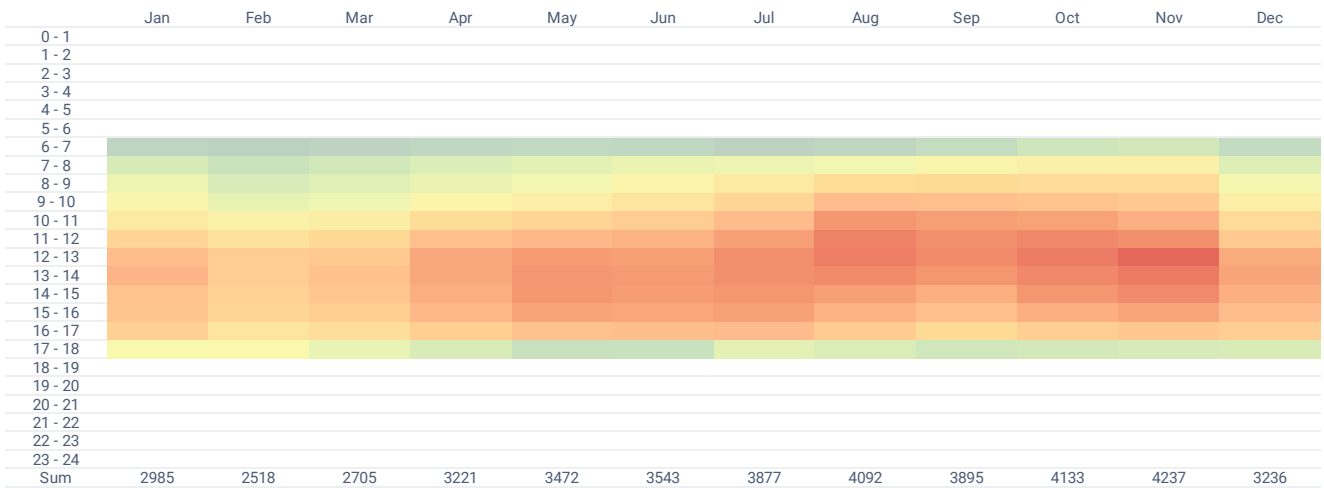
Direct normal irradiation [Wh/m²]



UTC-05

Average hourly profiles

Direct normal irradiation [Wh/m²]





NASA Meteorología de superficie y energía solar: datos RETScreen



Latitude **-5.7145** / Longitude **-78.8083**

-BEGIN HEADER-

NASA/POWER SRB/FLASHFlux/MERRA2/GEOS 5.12.4 (FP-IT) 0.5 x 0.5 Degree Daily Averaged Data

Dates (month/day/year): 12/06/2019 through 01/06/2020

Location:

Latitude -5.7145

Longitude -78.8083

Elevation from MERRA-2: Average for 1/2x1/2 degree lat/lon region = 1439.24 meters Site = na

Climate zone: na (reference Briggs et al: <http://www.energycodes.gov>)

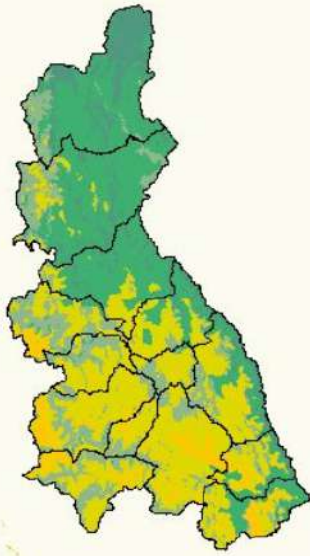
Value for missing model data cannot be computed or out of model availability range: -999

Parameter(s):

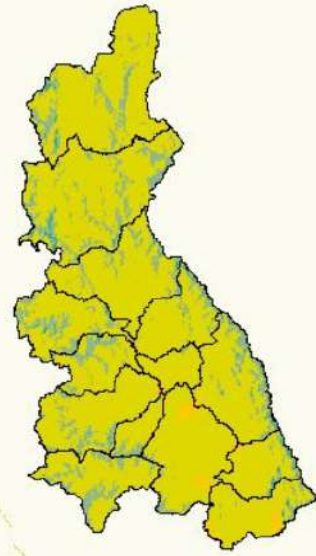
T2M MERRA2 1/2x1/2 Temperature at 2 Meters (C)
 KT SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Insolation Clearness Index (dimensionless)
 ALLSKY_SFC_LW_DWN SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Downward Thermal Infrared (Longwave) Radiative Flux (kW-hr/m²/day)
 ALLSKY_SFC_SW_DWN SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 All Sky Insolation Incident on a Horizontal Surface (kW-hr/m²/day)
 T2M_MAX MERRA2 1/2x1/2 Maximum Temperature at 2 Meters (C)
 T2M_MIN MERRA2 1/2x1/2 Minimum Temperature at 2 Meters (C)
 CLRSKY_SFC_SW_DWN SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Clear Sky Insolation Incident on a Horizontal Surface (kW-hr/m²/day)

YEAR	MO	DY	KT	ALLSKY_SFC_LW_DWN	T2M	T2M_MIN	T2M_MAX	CLRSKY_SFC_SW_DWN	ALLSKY_SFC_SW_DWN
-END HEADER-									
2019	12	06	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999
2019	12	07	-999	-999	19.98	16.81	24.40	-999	-999
2019	12	08	0.54	9.32	20.30	16.97	24.29	-999	5.70
2019	12	09	0.26	9.33	20.31	16.97	25.15	-999	2.73
2019	12	10	0.47	9.36	20.26	16.45	25.55	-999	4.98
2019	12	11	0.53	9.38	20.35	16.55	25.52	-999	5.53
2019	12	12	0.57	9.14	20.38	16.58	24.93	-999	5.97
2019	12	13	0.59	9.00	21.16	15.46	28.06	-999	6.18
2019	12	14	0.35	9.26	21.51	16.37	28.31	-999	3.63
2019	12	15	-999	9.14	21.00	16.36	27.13	-999	-999
2019	12	16	0.28	9.58	21.14	16.55	26.96	-999	2.89
2019	12	17	0.36	9.68	21.18	16.85	27.00	-999	3.72
2019	12	18	0.31	9.70	20.31	17.17	24.83	-999	3.28
2019	12	19	0.33	9.54	20.40	16.77	25.30	-999	3.48
2019	12	20	0.26	9.53	20.19	16.88	24.44	-999	2.76
2019	12	21	0.30	9.48	20.52	16.29	26.49	-999	3.19
2019	12	22	0.56	9.41	21.14	16.06	27.82	-999	5.90
2019	12	23	0.36	9.65	21.02	16.67	26.99	-999	3.73
2019	12	24	0.38	9.72	21.28	15.85	28.10	-999	3.95
2019	12	25	0.53	9.47	21.78	16.69	28.20	-999	5.53
2019	12	26	0.40	9.74	21.48	17.59	26.58	-999	4.22
2019	12	27	0.44	9.84	20.95	16.85	27.07	-999	4.64
2019	12	28	0.33	9.72	21.34	16.91	27.01	-999	3.50
2019	12	29	0.39	9.89	21.47	17.84	26.82	-999	4.09
2019	12	30	-999	-999	21.17	18.01	26.64	-999	-999
2019	12	31	-999	-999	20.55	17.53	25.22	-999	-999
2020	01	01	0.38	9.38	20.62	15.91	26.98	-999	4.01
2020	01	02	0.26	9.50	20.72	14.48	27.20	-999	2.78
2020	01	03	0.32	9.67	20.38	17.64	24.14	-999	3.35
2020	01	04	0.49	9.31	20.73	16.80	26.37	-999	5.15
2020	01	05	0.71	8.30	20.03	14.15	27.42	-999	7.49
2020	01	06	0.73	8.14	20.22	13.31	28.46	7.83	7.64

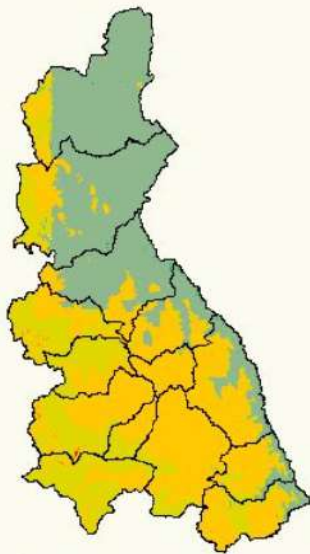
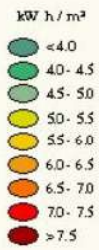
CAJAMARCA



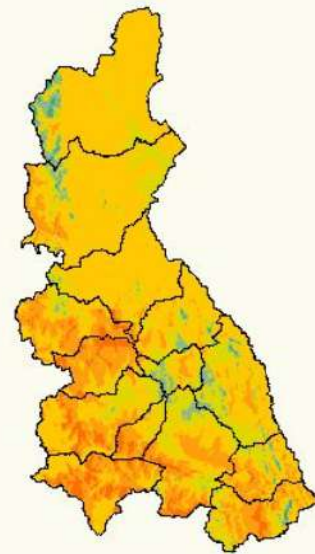
FEBRERO



MAYO



AGOSTO



NOVIEMBRE

REPÚBLICA DEL PERÚ

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
SERNAMHI

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y ASUNTOS AMBIENTALES

ENERGÍA SOLAR INCIDENTE DIARIA
Departamento de Cajamarca
(1975-1990)

LIMA, PERÚ
DICIEMBRE 2002

