

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Electrónica

Tesis

**Diseño e implementación de un medidor de irradiancia
solar con registro de datos basado en arquitectura
de código abierto**

Rómulo Efraín García Avila
Wilson Miguel Quispe Herhuay
Jimmy Jheyson Silva Ganto

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electrónico

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

Ing. Checa Cervantes, David Jacob

AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos sabiduría, salud, vida y fuerza para enfrentar los inconvenientes y hacer realidad este sueño tan esperado.

Gracias a la facultad de Ingeniería de la Universidad Continental por permitirnos capacitarnos en sus aulas.

Agradecemos sinceramente al Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Continental.

DEDICATORIA

A nuestros padres, por el ejemplo que nos dieron, por su ayuda incondicional y la orientación que nos brindaron para emprender este hermoso camino, que a pesar de haber vivido momentos muy difíciles, inspiraron y ayudaron a alcanzar nuestros objetivos.

ÍNDICE

Asesor	ii
Agradecimiento	iii
Dedicatoria	iv
Índice.....	v
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	x
Índice de ecuaciones.....	xii
Resumen.....	xiii
Abstract.....	xiv
Introducción.....	xv
CAPÍTULO I	17
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	17
1.1. Planteamiento y formulación del problema	17
1.2. Formulación del problema.....	19
1.2.1. Problema general	19
1.2.2. Problemas específicos	19
1.3. Objetivos	20
1.3.1. Objetivo general	20
1.3.2. Objetivos específicos.....	20
1.4. Justificación e importancia	20
1.4.1. Justificación social.....	20
1.4.2. Justificación técnica.....	21
1.4.3. Justificación económica.....	21
1.4.4. Importancia.....	22
1.5. Formulación de hipótesis	22
1.5.1. Hipótesis general.....	22
1.5.2. Hipótesis específicas.....	22
1.6. Operacionalización de las variables.....	23
1.6.1. Variable independiente: radiación	23
1.6.2. Variable dependiente: Registro de datos.....	23
CAPÍTULO II	26

MARCO TEÓRICO	26
2.1. Antecedentes del problema	26
2.1.1. Antecedentes Internacionales	26
2.1.2. Antecedentes nacionales	30
2.2. Bases teóricas	34
2.2.1. La energía solar.....	34
2.2.1.1. Recursos energéticos renovables (RER).....	34
2.2.2. Energía solar	35
2.2.2.1. Distribución espectro electromagnético solar	35
2.2.2.2. El espectro de radiación	38
2.2.2.3. Modelo de radiación solar y terrestre emitida	42
2.2.2.4. Balance de radiación neta	43
2.2.3. Recurso solar en el Perú	44
2.2.3.1. Generalidades del Perú	44
2.2.3.2. Antecedentes meteorológicos en el Perú	46
2.2.3.3. Energía solar del Perú	47
2.2.4. Radiación, irradiación e irradiancia.....	50
2.2.4.1. Radiación Solar	51
2.2.4.2. Irradiación solar	53
2.2.5. Sistema fotovoltaico	55
2.2.5.1. Módulo fotovoltaico (panel fotovoltaico).....	55
2.2.5.2. Sistema fotovoltaico doméstico (SFD).....	55
2.2.5.3. Sistemas fotovoltaicos autónomos	55
2.2.5.4. Sistemas fotovoltaicos conectados a la red	56
2.2.6. Componentes del Sistema Fotovoltaico Autónomo	56
2.2.6.1. Generador fotovoltaico.....	57
2.2.6.2. Módulos FV.....	58
2.2.6.3. Celdas solares	60
2.2.6.4. Parámetros fundamentales de la célula solar	60
2.2.6.5. Regulador de carga	61
2.2.6.6. Batería para sistemas fotovoltaicos	62
2.2.6.7. El inversor.....	64
2.2.7. Temperatura en el panel fotovoltaico	66
2.2.7.1. Curva característica.....	67

2.2.7.2. Efecto en el panel fotovoltaico	67
2.2.8. Normativas	68
2.2.9. Sistema de <i>open hardware</i>	69
2.2.10. <i>Open software</i>	70
2.2.11. Arduino UNO	70
2.2.11.1. Placa Arduino Uno R3	71
2.2.11.2. Componentes placa de Arduino.....	73
2.2.11.3. Programación de un Arduino	77
CAPÍTULO III	80
METODOLOGÍA	80
3.1. Método de la investigación.....	80
3.1.1. Método de la investigación	80
3.1.2. Tipo de la investigación	80
3.1.3. Nivel de la investigación	81
3.1.4. Diseño de la investigación	81
3.2. Población y muestra de la investigación	82
3.2.1. Población.....	82
3.2.2. Muestra	82
3.3. Técnica e instrumentos de recolección de datos	83
3.3.1. Técnicas de análisis de datos	83
3.3.2. Instrumentos.....	84
3.4. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	89
CAPÍTULO IV	90
ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	90
4.1. Identificación de requerimientos	90
4.1.1. Diseño del medidor de irradiancia solar con registro de datos	90
4.1.2. Diagrama de flujo del proyecto	90
4.1.3. Componentes y dispositivos electrónicos.....	91
4.1.4. Esquemático y programación del instrumento.....	93
4.2. Análisis de la solución.....	102
4.2.1. Interfaz	102
4.2.2. Definición de términos	102
4.3. Diseño.....	103

4.3.1. Implementación del medidor de irradiancia solar con registro de datos.....	103
CAPÍTULO V.....	109
CONSTRUCCIÓN.....	109
5.1. Construcción.....	109
5.1.1. Contribución de la tesis.....	109
5.1.2. Comparación de datos con la tabla (patrón datalogger).....	109
5.2. Pruebas y resultados.....	111
Conclusiones.....	113
Trabajos futuros.....	114
Recomendaciones.....	117
Lista de referencias.....	118
Anexos.....	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variable independiente.....	23
Tabla 2. Variable dependiente.....	23
Tabla 3. Operacionalización de las variables	24
Tabla 4. Distribución de la energía en el espectro solar.....	40
Tabla 5. Radiancias típicas a nivel del mar.	44
Tabla 6. Paneles según la tecnología de fabricación	59
Tabla 7. Características de los principales tipos de baterías	64
Tabla 8. Especificaciones técnicas de Arduino	71
Tabla 9. Memorias del microcontrolador ATmega 328P	72
Tabla 10. La población está definida por el área de investigación.	82
Tabla 11. La muestra está definida por dos puntos geolocalizados.	83
Tabla 12. Medición en el parque Huamanmarca.....	85
Tabla 13. Medición en la Universidad Continental	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efecto gravitacional del Sol y la Luna.....	35
Figura 2. Energía solar fotovoltaicas.	35
Figura 3. Espectro electromagnético de la radiación solar.....	36
Figura 4. Energía radiada por el Sol y la Tierra.....	37
Figura 5. Principales bandas atmosféricas de radiación.	39
Figura 6. Absorción del espectro de radiación solar.....	41
Figura 7. Espectros de radiación solar.....	42
Figura 8. Temperatura terrestre y solar.....	43
Figura 9. Radiancias típicas a nivel del mar.....	43
Figura 10. Mapa de radiación solar.....	45
Figura 11. Radiación Solar Sur del Perú 11 de enero 2020.....	46
Figura 12. Mapa de irradiancia del departamento Junín.	47
Figura 13. Mapa de la Radiación Solar del Perú.....	50
Figura 14. Variación de la Radiación atmosférica solar mensual.....	52
Figura 15. Representación de la distancia entre el Sol y la Tierra.....	52
Figura 16. Irradiación solar.....	53
Figura 17. Sistema fotovoltaico autónomo.....	56
Figura 18. Sistema fotovoltaico conectado a la red.....	56
Figura 19. Componentes del Sistema FV.....	57
Figura 20. Generador Fotovoltaico.....	58
Figura 21. Efecto fotovoltaico en una célula solar.....	60
Figura 22. Lugar donde se mide la tensión en circuito abierto (a) y la corriente de cortocircuito (b).....	61
Figura 23. Conexiones del regulador.....	62
Figura 24. Esquema general de una instalación autónoma con inversor.....	65
Figura 25. Curva de como baja el rendimiento del panel solar al aumentar la temperatura.....	67
Figura 26. Curva de generación de panel solar a 25 °C.....	68
Figura 27. Curva de generación de panel solar a 50 °C.....	68
Figura 28. Vista superior de un Arduino Uno.....	71
Figura 29. Placa Arduino Uno R3.....	73

Figura 30. Ambiente de desarrollo de Arduino.	78
Figura 31. Vista panorámica de ubicación de la investigación	83
Figura 32. Diagrama de flujo del proyecto de tesis	91
Figura 33. Pantalla LCD	91
Figura 34. Modulo reloj.....	92
Figura 35. Resistencia.....	92
Figura 36. OPAM.....	92
Figura 37. Estación carga y medición-Placa control.....	93
Figura 38. Sensor de corriente y voltaje	93
Figura 39. PCB placa 1	94
Figura 40. PCB placa 2	94
Figura 41. Interfaz del prototipo.....	102
Figura 42. Vista de la pantalla LCD – Coordenadas en sistema decimal	103
Figura 43. Vista de la pantalla LCD – Menú de opciones.....	104
Figura 44. Vista de la pantalla LCD – Intervalo de tiempo	104
Figura 45. Vista de la pantalla LCD – Vista general	105
Figura 46. Vista de la pantalla LCD - Grabación	105
Figura 47. Vista de la pantalla LCD – Calibrar temperatura	106
Figura 48. Vista de la pantalla LCD – Habilitar grabación en memoria SD	106
Figura 49. Vista de la pantalla LCD – Configurar hora y fecha.....	107
Figura 50. Sensor de temperatura.....	107
Figura 51. Anclajes para estabilización	108

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Radiación solar absorbida.....	42
Ecuación 2. Radiación terrestre emitida.....	42

RESUMEN

La investigación “*Diseño e implementación de un medidor de irradiancia solar con registro de datos basados en arquitectura de código abierto*”, responde al problema ¿el diseño e implementación de un instrumento de medición de irradiancia solar con registro de datos basado en arquitectura de código abierto reducirá la incertidumbre sobre la disponibilidad sostenible del recurso energético solar?, como objetivo pretende diseñar e implementar un instrumento de medición de irradiancia solar con registro de datos basado en arquitectura de código abierto, para reducir la incertidumbre sobre la disponibilidad sostenible del recurso energético solar, la muestra investigada fue única y como hipótesis se asume que el instrumento de medición de irradiancia solar con registro de datos basado en arquitectura de código abierto, para reducir la incertidumbre sobre la disponibilidad sostenible del recurso energético solar, es viable. El tipo de investigación es experimental, la tecnología de documentos se utiliza para la recopilación de datos y consta de diferentes tipos de documentos, tales como: registros de datos, informes de indagación estadística, bases de datos, etc. Concluyendo con el logro de la construcción e implementación de un medidor de irradiación solar, cumpliendo con los parámetros requeridos, obteniendo la hora y fecha del día, la temperatura y cuántos watts recepciona, para luego pasar a una base de datos que se almacena en una tarjeta de memoria SD.

Palabras claves: Arduino, incertidumbre, irradiancia solar

ABSTRACT

The research "*Diseño e implementación de un medidor de irradiancia solar con registro de datos basados en arquitectura de código abierto*", responds to the problem: the design and implementation of a solar irradiance measurement instrument with data logging based on open-source architecture. It will reduce the uncertainty about the sustainable availability of the solar energy resource? The objective is to design and implement a solar irradiance measurement instrument with data logging based on open source architecture, to reduce the uncertainty about the sustainable availability of the solar energy resource. The investigated sample was unique and as a hypothesis it is assumed that the solar irradiance measurement instrument with data recording based on open source architecture, to reduce the uncertainty about the sustainable availability of the solar energy resource, is viable. The type of research is experimental, for data collection document technology was used and consisted of different types of files, such as: data records, statistical inquiry reports, databases, etc. Concluding with the achievement of the construction and implementation of a solar irradiation meter, complying with the required parameters, obtaining the time and date of the day, the temperature and how many watts it receives, and then moving to a database that is stored in a SD memory card.

Keywords: Arduino, solar irradiance, uncertainty

INTRODUCCIÓN

El uso de la energía solar está restringido por la intensidad de la radiación solar que ocurre en un área determinada, por lo que se requieren registros de radiación confiables, que se pueden utilizar en el diseño de equipos que utilizan energía solar.

Actualmente, el Perú cuenta con un mapa de radiación solar, que se produce a través de mediciones satelitales y generalmente muestra el valor promedio anual de radiación solar. El uso de estos patrones de radiación es muy importante para la determinación de áreas geográficas con alto potencial de uso y el prediseño de equipos para la generación de energía solar. Sin embargo, estos datos presentan ciertas incertidumbres inherentes a la tecnología utilizada, y la mayoría de los datos involucran grandes áreas de territorio, por lo que su uso es limitado y poco práctico. Esta restricción puede hacer que el tamaño del equipo que usa radiación solar sea demasiado pequeño. Si estas fallas de diseño no pueden cumplir con el propósito de la instalación, las fallas de diseño tendrán serias consecuencias para el coste de inversión, trabajo o sostenimiento y la sustentabilidad del sistema.

Este documento trata este aspecto e intenta simplificar la implementación de la metodología aplicable y con el objetivo de diseñar e implementar un instrumento de medición de irradiancia solar con registro de datos basado en arquitectura de código abierto, para reducir la incertidumbre sobre la disponibilidad sostenible del recurso energético solar. El proyecto está dividido en capítulos, como sigue:

Capítulo I, enunciado y formulación del problema, la importancia, el alcance de la investigación y los objetivos que se van a alcanzar al realizar un medidor de irradiancia solar.

Capítulo II, marco teórico, antecedentes internacionales y nacionales; a su vez, la base teórica incluye temas relacionados con proyectos e

instalaciones de sistemas de energía renovable. Sobre la base de la teoría se desarrollaron temas relacionados con el diseño e implementación de medidores de irradiancia solar utilizando la plataforma Arduino Uno.

Capítulo III, describe el método de investigación, el alcance, el diseño de la investigación, la población y la muestra. Además, técnicas e instrumentos de recopilación de datos.

Capítulo IV, desarrolla el diseño y la implementación del prototipo medidor de irradiancia con registro de datos y su código de programación que está basado en una plataforma libre de acceso como es Arduino.

Capítulo V, describe la contribución, las pruebas y los resultados del trabajo.

Finalmente, se presentan las conclusiones extraídas de las hipótesis relacionadas con los problemas y objetivos de investigación. También presenta trabajos futuros, sugerencias, lista de referencias y anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

El sector energía en el Perú está progresivamente incorporando la utilización de fuentes energéticas renovables de acuerdo a lo normado en el “*Decreto Legislativo de Promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el Uso de Energías Renovables*” Decreto Legislativo N.º 1002 actualizado al 13 de setiembre de 2010 que norma la Declaratoria de interés nacional y participación de la energía renovable en la matriz de generación de electricidad. El decreto establece lineamientos para la investigación en energías renovables, delega responsabilidades a la Comisión Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (Concytec), y coordina con el Ministerio de Energía y Minas y los gobiernos regionales que implementan los mecanismos y acciones correspondientes, como los proyectos de investigación energética para promover la participación de universidades, instituciones técnicas y organizaciones de desarrollo especializadas en esta materia.

Bajo este marco legal y considerando que en la formulación y evaluación de proyectos de inversión, basados en recursos energéticos renovables, se requiere de manera indispensable la identificación de la disponibilidad sostenible en el tiempo de los recursos energéticos para establecer el alcance, dimensionamiento, la factibilidad y viabilidad del proyecto en base a la estimación de los retornos de la inversión con niveles razonables de incertidumbre sobre el

comportamiento futuro de los niveles de producción de los sistemas de aprovechamiento de la energía renovable.

Por lo tanto, es muy importante disponer de datos históricos confiables sobre la disponibilidad sostenible en el tiempo del recurso energético solar, tanto a nivel de potencia por unidad de superficie denominada irradiancia, así como también de la integración de los productos de la irradiancia multiplicada por el tiempo en que se encuentra disponible. En términos prácticos: la energía solar disponible convertible en energía eléctrica.

Los datos anteriormente requeridos pueden ser obtenidos de diversas fuentes y procedimientos, siendo los más confiables aquellos datos que se obtienen desde la investigación primaria de campo y la utilización de instrumentos de medición adecuados a las variables que se miden, así como el correspondiente registro confiable de los valores obtenidos en las mediciones.

En el caso de la energía solar convertible en energía eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos, los datos de mayor importancia son los de la potencia disponible medida en kilowatts por cada metro cuadrado y su integración en el tiempo, es decir kilowatts-hora.

Para medir la potencia solar se requiere de un instrumento que reciba y convierta la energía fotónica en energía eléctrica mediante un proceso de conversión fotovoltaico que entrega a la salida del convertidor, el voltaje de CC es proporcional a la energía del fotón que incide en la celda fotovoltaica, para posteriormente procesar analógica y digitalmente la señal y visualizar en una pantalla los niveles de potencia instantánea que están siendo recibidos por el instrumento. Estos datos son grabados a intervalos de tiempo periódicos predefinidos en un sistema de registro de datos basado en memorias portátiles no volátiles.

Las empresas fabricantes pertenecientes al sector de instrumentación ofrecen varios modelos y tipos de instrumentos para medición de variables de la energía solar, sin embargo, los precios de venta de estos son muy elevados y,

por lo tanto, se adolece de una escasa oferta comercial que objetivamente se aprecia en el mercado electrónico de instrumentación del Perú.

Luego de identificar esta situación problemática en base a las evidencias objetivas ya referidas, se infiere que es necesario investigar sobre la posibilidad de diseñar e implementar un instrumento capaz de realizar la medición de la potencia solar por unidad de superficie denominada irradiancia solar convertible en energía eléctrica, mediante generadores fotovoltaicos a nivel de la superficie terrestre. El referido instrumento estará basado en sistemas digitales de código abierto, será capaz de registrar datos en una memoria y su construcción se realizará a un bajo costo, con dispositivos y componentes disponibles en el mercado nacional y con la utilización de tecnologías accesibles de código abierto.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿El diseño e implementación de un instrumento de medición de irradiancia solar con registro de datos basado en arquitectura de código abierto reducirá la incertidumbre sobre la disponibilidad sostenible del recurso energético solar?

1.2.2. Problemas específicos

¿El diseño e implementación de un instrumento de medición de irradiancia solar basado en arquitectura de código abierto reducirá la incertidumbre sobre la disponibilidad sostenible del recurso energético solar?

¿El diseño e implementación de un sistema de registro de datos de los niveles de irradiancia solar basado en arquitectura de código abierto reducirá la incertidumbre sobre la disponibilidad sostenible del recurso energético solar?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar e implementar un instrumento de medición de irradiancia solar con registro de datos basado en arquitectura de código abierto, para reducir la incertidumbre sobre la disponibilidad sostenible del recurso energético solar.

1.3.2. Objetivos específicos

Diseñar e implementar un instrumento de medición de irradiancia solar basado en arquitectura de código abierto, para reducir la incertidumbre sobre la disponibilidad sostenible del recurso energético solar.

Diseñar e implementar un sistema de registro de datos de los niveles de irradiancia solar basado en arquitectura de código abierto, para reducir la incertidumbre sobre la disponibilidad sostenible del recurso energético solar.

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Justificación social

Tener cultura social es ver la seguridad humana y la concientización de peligros que se tiene con la energía y su alcance hacia las instalaciones eléctricas es un requisito primordial, para cualquier operación que se interesa por la seguridad de personas ante cualquier eventualidad que signifique un riesgo para la salud. Si no, se piensa en una eficiente y óptima generación de energía integrado al sistema eléctrico que permita acceder una energía de calidad y a más bajo costo.

La tesis se justifica en términos de su impacto social en alineamiento a políticas nacionales de sostenibilidad que establecen que el Perú, en los próximos años, debe integrar mayor porcentaje de uso de recursos energéticos renovables en su matriz energética para promover el desarrollo sostenible de la nación.

1.4.2. Justificación técnica

El tema de investigación de este estudio estará orientado al diseño y construcción de equipos electrónicos, que podrán obtener información de radiación y temperatura en puntos de referencia geográficos específicos para lograr una mayor eficiencia de generación de energía fotovoltaica sobre el comportamiento de todo el sistema.

La importancia de identificar los factores, así como su identificación y almacenamiento, permite tomar las decisiones correctas en cuanto a la calidad y optimización de una mejor generación de energía fotovoltaica. Por tanto, es necesario identificar bien los factores que se generan en la energía fotovoltaica.

La tesis se justifica en la práctica debido a que los resultados de la investigación permitirán reducir la incertidumbre sobre la disponibilidad sostenible del recurso energético solar para realizar la proyección del dimensionamiento, factibilidad, viabilidad y los retornos de la inversión en proyectos fotovoltaicos de aprovechamiento de energía solar.

1.4.3. Justificación económica

Identificar los factores que inciden en la generación de energía fotovoltaica y optimizarla para hacerla más eficiente, reduciendo así la pérdida económica que afecta el desarrollo económico de la región central - Huancayo.

La investigación se justifica en términos económicos debido a que al lograr la implementación del medidor de irradiancia solar con registro de datos se pondrá a disposición de los proyectistas peruanos dicho instrumento a un precio razonablemente bajo y, asimismo, se contribuirá con la reducción del egreso de divisas para la importación del extranjero de estos costosos instrumentos.

1.4.4. Importancia

La finalidad de la tesis está, principalmente, enfocada en diseñar y construir un dispositivo electrónico que determine los factores para una óptima generación de energía fotovoltaica según la ubicación georreferencial donde se desea implementar para la confiabilidad del sistema y reducir las interrupciones en el sistema, con el fin de mejorar la calidad de suministro y uso.

Es por lo que se plantea la focalización de estos factores para mejorar la eficiencia y optimizar recursos en el sistema eléctrico de la región centro – Huancayo.

1.5. Formulación de hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

El instrumento de medición de irradiancia solar con registro de datos basado en arquitectura de código abierto, para reducir la incertidumbre sobre la disponibilidad sostenible del recurso energético solar, es viable.

1.5.2. Hipótesis específicas

El instrumento de medición de irradiancia solar basado en arquitectura de código abierto, para reducir la incertidumbre sobre la disponibilidad sostenible del recurso energético solar, es viable.

El sistema de registro de datos de los niveles de irradiancia solar basado en arquitectura de código abierto, para reducir la incertidumbre sobre la disponibilidad sostenible del recurso energético solar, es viable.

1.6. Operacionalización de las variables

1.6.1. Variable independiente: radiación

Tabla 1
Variable independiente

Variable independiente	Definición conceptual	Definición operacional
Radiación	El sol produce una cantidad constante de energía, y cuando golpea la superficie de la tierra, pierde parte de su energía debido a diferentes fenómenos ambientales (1).	Balance de radiación. Radiación solar en el área superior de la atmósfera. Radiación directa y difusa. Curva entre la irradiación cotidiana y las HPS.

1.6.2. Variable dependiente: Registro de datos

Tabla 2
Variable dependiente

Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional
Sistema fotovoltaico	El uso de energía solar requiere equipos que puedan capturar la radiación solar y convertirla en otra forma de energía. Hay dos posibles alternativas para implementar estas transformaciones, como la protección fotovoltaica (1).	Panel solar Regulador de carga Acumulador Inversor

Tabla 3
Operacionalización de las variables

Variable independiente	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores	Tratamiento	Técnica de recolección
Radiación	El sol produce una cantidad constante de energía, y cuando golpea la superficie de la tierra, pierde parte de su energía debido a diferentes fenómenos ambientales (1).	Balance de radiación	Características intrínsecas dentro del espectro	Radiación identificable en el espectro electromagnético	La tecnología utilizada para la recopilación de datos es un documental. Instrumento: Registro de datos
		Radiación solar en la superficie de la atmósfera	Radiación en el borde de la atmósfera por metro cuadrado	Análisis de la constante solar por metro cuadrado en relación con el movimiento de traslación de la Tierra	
		Radiación directa y difusa	Radiación solar dispersa en la atmósfera	La radiación recibida en la atmósfera desde la atmósfera y la propia radiación	
		Curva entre la irradiación diaria y las HPS	Cantidad de energía en forma de radiación solar	La energía radiante que incide en la superficie dentro de un intervalo de tiempo específico	
Variable dependiente	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores	Tratamiento	Técnica de recolección
Sistema fotovoltaico	Usar energía solar demanda aparatos que logren detener la	Panel solar	Parámetros eléctricos en DC	Ubicación, dimensión y orientación	Técnica empleada para la recolección de datos, será la documental.
		Regulador de carga	El nivel correcto de la batería medido en voltios	Ajuste en serie y paralelo	

radiación solar y volverla otra forma de energía. Hay dos posibles métodos alternativos para realizar estas conversiones, como la conversión fotovoltaica (1).	Acumulador	Energía química (almacenamiento) y eléctrica (consumo)	Selección de fábrica de la batería, estudio del proporción de descarga de la batería, cifra de ciclo y análisis del lapso de carga	Instrumento: Registro de datos
	Inversor	Parámetros eléctricos en AC	Estudio de eficacia, estudio de dispendio, estudio de picos de arranque, estudio de defensa	

Variable independiente	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
Arduino UNO	Es una plataforma electrónica apoyada en elementos de hardware libre y no propietario, que se puede programar según sea necesario. Realizar (entre otras cosas) funciones que se comunican e interactúan con dispositivos o sistemas electrónicos.	Software abierto	Tecnología donde el código es "abierto", es decir, cualquiera puede usarlo, modificarlo o mejorarlo.
		Pines	Los pines digitales son los enlaces digitales de los conectores acoplados en la placa.
		Microcontrolador	Esta parte de la placa de circuito es el cerebro de la placa, es el lugar donde almacena los programas que debe ejecutar y los programas que la ejecutan.
		Hardware	Un conjunto de compendios físicos o materiales que son parte de una computadora o un régimen informático.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

Luego de una exhaustiva búsqueda tanto en bases de datos virtuales como en bibliotecas públicas y privadas no se han encontrado ni libros ni trabajos de investigación que aborden la problemática objeto de esta investigación desde un enfoque de diseño e implementación a bajo costo y con tecnologías de arquitectura de código abierto.

Sin embargo, existen disponibles documentos que constituyen tanto el marco normativo como la frontera del conocimiento a nivel teórico de pertinencia para la presente investigación:

2.1.1. Antecedentes Internacionales

En el plano internacional se identifica la investigación hecha en “*Fundamentos de energía solar radiación solar*” con información básica para las nociones y definiciones científicas de la energía del sol (2).

Similarmente, en el libro “*Solar power*” se encuentra desde la historia y tipos de energía solar, sistemas solares eficientes, proyectos, costos, hasta proyecciones del futuro de la energía solar (3).

También el libro “*How do Solar panels work?*” en el cual se explica en forma científica cómo funcionan las celdas solares (4).

Por su parte en el capítulo 2 del libro “*Weather modeling and forecasting of PV system operation*” se puede encontrar un sólido marco teórico sobre “*solar radiation measurements*”, es decir, las mediciones de la radiación solar a nivel del suelo (5).

Otro libro de mucha importancia para el marco teórico de la tesis fue “*Solar radiation and daylight models*” en donde se encuentran los modelos de radiación solar y luz del día (6).

Un documento científico de interés es el titulado “*Production modeling for grid tied PV systems*” donde se describen los modelos de producción de energía fotovoltaica que permiten la reducción de la incertidumbre en los inversores sobre los retornos de su inversión en la obtención de energía eléctrica procedente de energía solar (7).

En el artículo titulado “*Navegación de robot móvil usando Kinect, LpenCV y Arduino*” (8), se muestran las consecuencias de la indagación de la visión por computadora que respalda la búsqueda a través de gráficos de hondura y el encuentro de objetos a través de sus canales principales. El conector usado para aprisionar gráficos RGB y gráficos de hondura es el sensor *Kinect* de *Microsoft*, que se constituye por una cámara RGB y un expositor de infrarrojos que puede proyectar patrones de haz irregular con intensidad variable. El sensor de profundidad reconstruye la imagen basándose en la distorsión del patrón. El siguiente paso es encontrar todos los puntos rojos en la escena, contarlos y calcular el centroide, diámetro, posición y distancia a *Kinect*. Finalmente, se procesan los resultados y la decisión de movimiento se envía al Arduino que controla el motor. Los resultados de la encuesta muestran que la imagen de profundidad capturada por *Kinect* necesita controlar la escena de iluminación; este aspecto se compensa mediante la creación de un

algoritmo de navegación con capacidades de procesamiento de imágenes digitales (8).

En el artículo titulado “*Internet de los objetos empleando Arduino para la gestión eléctrica domiciliaria*” (9), a través del diseño, mejora y ejecución de un modelo de sistema domótico, se demuestra la importancia de la gestión eléctrica del hogar; el sistema permite el uso remoto de bombillas LED mediante acciones de encendido y apagado, según las necesidades de los usuarios, independientemente de su ubicación, es decir, independientemente de su ubicación geográfica crítica. Durante el proceso de desarrollo se utilizaron elementos de hardware como Arduino y software como los servicios en la nube de Windows Azure; a través de esta aplicación, se intentó observar la interoperabilidad entre dispositivos ubicados en el hogar y servidores ubicados en el mundo virtual de Internet. Lo anterior proporciona un enfoque de modelos múltiples que se puede desarrollar a través de Internet de las cosas, y las personas utilizarán estos modelos de forma permanente en sus hogares en un futuro próximo.

En el artículo titulado “*Desarrollo de un robot de rehabilitación pasiva para la articulación de la muñeca mediante la implementación de un microcontrolador Arduino Uno*” (10), se demostró la implementación del microcontrolador Arduino Uno R3 para controlar el movimiento de un prototipo funcional del robot, que fue desarrollado para realizar ejercicios de rehabilitación de muñeca. El dispositivo se puede utilizar para ayudar a los fisioterapeutas a recuperarse de la tendinitis, la sinovitis y la artritis reumatoide. Además, también se puede utilizar para el tratamiento de las articulaciones mencionadas antes y después de la cirugía. En la fase de diseño del prototipo funcional, se utiliza el método de proceso de diseño industrial del método de ingeniería concurrente, a través del cual se puede realizar una investigación antropométrica relacionada con el tamaño y el ángulo del movimiento de la articulación de la muñeca en la multitud. De acuerdo con la información recolectada, se formula un plan de diseño y se definen las diferentes formas, geométricas y materiales de los componentes del dispositivo de rehabilitación a través del programa CAD,

y luego se utiliza el método de elementos finitos para analizarlos para determinar el estado de tensión. Y factores de seguridad mediante el uso de procedimientos CAE. Además, se ha desarrollado un software para recopilar, grabar, copiar y ejecutar diferentes acciones durante la rehabilitación. Finalmente, se estableció un dispositivo que permite a los fisioterapeutas ayudar con las actividades de rehabilitación de la articulación de la muñeca, permitiendo una combinación de movimientos de flexión cubital radial y palma dorsal para restaurar la función articular de diversas patologías que han surgido en la población venezolana.

En el artículo titulado “*Sistema de control de acceso y registro de asistencia utilizando Smart Cards con tecnología JavaCard y Hardware Libre Arduino*” (11), demostró crear un sistema parametrizable que permita el acceso remoto al servidor de verificación de identidad y dispositivos electrónicos y hardware libres para controlar el acceso a la puerta y el ingreso y registro del personal de la empresa. La realización de la solución se basa en la comprensión de las tarjetas inteligentes (*SmartCard*), integrando tecnologías como *JavaCard* y *Jsp*, y finalmente utilizando tarjetas como *Arduino* y *Ethernet shield*. El proceso de implementación se describe a continuación: se resuelve inicialmente la teoría, componentes y construcción del método de la revisión de ingreso; luego se adapta la plataforma *Arduino* a las necesidades del sistema, luego se analiza y diseña el sistema web, y el desarrollo de la aplicación está incrustado en el *Arduino*. Por otro lado, los servicios están diseñados para leer tarjetas inteligentes y sus respectivas autenticaciones, y luego acoplar y ensamblar dispositivos del equipo a paneles y redes de marcha. Finalmente, se construyó una poderosa aplicación que construyó un conjunto de tecnologías emergentes cuyos productos son herramientas que cualquier organización puede obtener a un costo muy bajo.

En el artículo “*Solución de iluminación eficiente energéticamente para una vivienda sustentable*” (12), demostró: que la arquitectura sostenible es una forma de concebir el diseño arquitectónico de forma sostenible, uno de sus principios es reducir el consumo energético. El uso

de la automatización del hogar también es esencial para lograr este propósito de ahorro de energía, al tiempo que proporciona a los clientes una sensación de comodidad. Este trabajo propone un sistema de control de iluminación que se apoya en la luz natural como una solución viable para la vivienda sostenible. La investigación teórica y práctica se realiza en dos etapas. En una primera etapa, se realizó la simulación del sistema en el programa MATLAB *Simulink*, mostrando cómo lograr la iluminación requerida y el control total de la iluminación. En la segunda etapa, la implementación real del sistema se realiza a través de la plataforma Arduino. Los resultados obtenidos han sido verificados mediante el uso real del sistema diseñado desde el punto de vista energético.

En el artículo “*Sistema de adquisición de datos de bajo costo con la plataforma Arduino*” (13), demostró, incluso si el avance de la tecnología electrónica es enorme y el mercado está inundado de instrumentos y sensores que permiten la recopilación y el almacenamiento de datos, estos dispositivos y sensores generalmente no son baratos y todavía existe la necesidad de dispositivos que recopilen y almacenen información. a bajo costo. Puede ser una oferta de productores, investigadores o estudiantes con menores presupuestos, esto es muy común en el Perú, por lo tanto, en este trabajo, existe una necesidad o una forma de construir un sistema de adquisición de datos (SAD) mencionando las partes necesarias y construyó una plataforma basada en Arduino *Elements* necesaria para un SAD económico y confiable.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Por otro lado, el Perú se ha establecido un marco normativo legal sobre las energías renovables, entre los documentos de mayor importancia se encuentra que:

El 2 de octubre del 2008 se publicó el D. S. N.º 050-2008-EM “Reglamento de la Generación de Electricidad con Energías Renovables” (14).

El 13 de setiembre del 2010 se actualiza el Decreto Legislativo N.º 1002 “Promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el uso de Energías Renovables” (15).

El 24 de noviembre de 2010 se publica en el diario oficial El Peruano, el D. S. N.º 064-2010-EM mediante el cual se aprueba la Política Energética Nacional del Perú 2010-2040 que declara (16):

Visión: un sistema energético apoyado en la planificación y la investigación e innovación tecnológica continua para satisfacer las necesidades energéticas nacionales de manera confiable, regular, continua y eficiente, promover el desarrollo sustentable.

Objetivos de política

Poseer una matriz energética diversificada con enfoque en energías renovables y eficiencia energética.

Asimismo, existen libros que abordan la temática y presentan adecuado nivel de actualidad y profundidad, en el Perú son auspiciados por la *Fundación Friedrich Ebert* (FES) que contribuye a través de sus programas de cooperación en más de 100 países:

En el caso del Perú, la fundación ha preparado y publicado la colección:

“*Matriz energética en el Perú y energías renovables*” en cuyo segundo tomo “*Contribución de las energías renovables*”, se describe la futura matriz energética incorporando fuentes renovables (17).

En el tercer tomo de “*Aprovechamiento descentralizado de fuentes renovables de energía*” (18), se realiza un análisis del aprovechamiento descentralizado y, en el cuarto tomo, “*Energía en el Perú ¿hacia dónde vamos?*” (19), planteó una proposición de táctica nacional fundada en

caracteres reparables para disminuir la emisión de gas de consecuencia de invernadero.

En la tesis “*Controlador lógico programable de salida tipo relé, basado en Arduino para transmisión de datos entre etapas de procesos industriales*” (20), se demostró que en la actualidad, en el campo del control y la automatización, ya se trate de aplicaciones industriales a gran escala o de pequeña escala, el uso de protocolos de comunicación basados en controladores lógicos programables (PLC) es esencial. Ante esto, se ha proporcionado una variedad de marcas y modelos, y el costo de cada marca y modelo depende de sus características. Son muchos los factores que conducen al aumento del costo de uso de PLC, entre los que se encuentran el costo de los cables de programación, el alto precio de los módulos de expansión, etc. Este proyecto nace de la necesidad de reducir el costo de la automatización de un proceso, permitiendo a una mayor cantidad de usuarios utilizar un modelo alternativo de PLC en las aplicaciones que requieran.

El proyecto consiste en adaptar la placa programable Arduino para que funcione bajo los mismos parámetros que un PLC comercial, por ejemplo, tensión de entrada (0 – 24VDC), corriente de entrada (4 – 20 MA), tensión en la salida (0 – 250 VAC; 0 – 30 VDC) y corriente en la salida (0 – 10 A) esto se logra mediante el uso dispositivos electrónicos básicos y de potencia, incluyendo también aislamiento galvánico para la protección del Arduino, previniendo el traspaso de portadores de carga. Una manera adicional de proteger la placa es con una carcasa basada en la norma IEC 144.

En la tesis “*Los sistemas de open hardware Arduino en el control de los procesos de incubación de huevos de codorniz*” (21), se demostró que el sistema open hardware Arduino muestra los resultados beneficiosos en el buen control de los procesos de eclosión artificial de huevos de codorniz. Se ha podido determinar que el uso del sistema *open hardware* Arduino optimiza el diseño y la construcción de los circuitos electrónicos,

para el buen control de los procesos de eclosión *artificially developed* de los huevos de codorniz. Se ha podido determinar el uso del *Open Source*, en este caso se ha usado como *Open Hardware* el Arduino Uno y el *Software* basado en el lenguaje PHP. Los procesos de control de los ambientes requeridos de la incubadora se hacían de forma manual y con un termostato para medir la temperatura, lo que se presenta es una alternativa nueva e innovadora de control de los procesos usando un sistema de *open hardware* Arduino y *United Nations Software* basado en el lenguaje PHP. Por lo que se asegura un control en tiempo real y un buen resultado del 95% de efectividad, el 5% de error por casos externos al sistema, que sería la calidad y el buen manejo de la materia prima a incubar.

Los resultados de la investigación muestran que el sistema de control de incubación que usa Arduino ahorra el consumo de energía en el proceso de incubación artificial de huevos de codorniz, porque la fuente de alimentación de la placa Arduino es de 5 voltios y los componentes requeridos no consumen mucha energía eléctrica.

En la tesis "*Implementación de un prototipo con tecnología Arduino y Android, para la ecoeficiencia en el uso del agua potable en los predios de Talavera*" (22), se demostró se puede mantener y probar la distribución de agua potable en los sitios instalados. En la actualidad, el distrito ha dividido el departamento de distribución de agua potable en departamentos, lo que significa que la gente no tiene agua durante varias horas al día de acuerdo a la escasez que se presenta. Una de las razones es que no todos controlan los diferentes departamentos de su distribución. de manera unificada. Y el lugar no cuenta con un sistema de control que permita optimizar el consumo de agua, como en el caso del lavado de manos, duchas e inodoros, por lo que se generan residuos innecesarios y, por ende, escasez de agua, baja presión, etc. Estos hechos se pueden apreciar en los diferentes atributos de la zona, por lo que se investigó el sistema que utiliza tecnología Arduino y Android para mejorar la ecoeficiencia del uso del agua potable y optimizar el uso de este recurso,

también disponible para las poblaciones de Talavera y otras áreas, que están experimentando condiciones similares a las tendidas por la investigación del proyecto. Para mejorar el sistema y lograr los objetivos propuestos por el proyecto, se debe seguir cada paso correctamente y combinar el método "V" con cada etapa de desarrollo; para el desarrollo de sistemas de automatización y aplicaciones móviles se utilizan diversas tecnologías, como sensores infrarrojos, *Pir Sensors*, sensores de efecto *Hall*, servomotores, teclados numéricos y válvulas electrónicas que utilizan el software con *Android Studio*, *Arduino* y *Enagle*. El proyecto utiliza el tipo de investigación de proyección como marco, utilizando una serie de técnicas y herramientas de recolección de datos, especialmente el análisis de fuentes bibliográficas, observaciones directas y entrevistas. De esta manera, se puede implementar el sistema para controlar mejor el flujo de agua de cada punto de distribución en la propiedad del área de Talavera. Al utilizar la instalación (lavado de manos, ducha e inodoro) de esta manera, se puede realizar el proceso de cada proceso de automatización (22).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. La energía solar

2.2.1.1. Recursos energéticos renovables (RER)

El principio de la mayor cantidad de estas bases se determina a partir del sol (cuya energía construye el patrón climático del planeta) o los efectos gravitacionales solares y lunares. Por eso se decidió que los orígenes son en realidad infinitos (23).

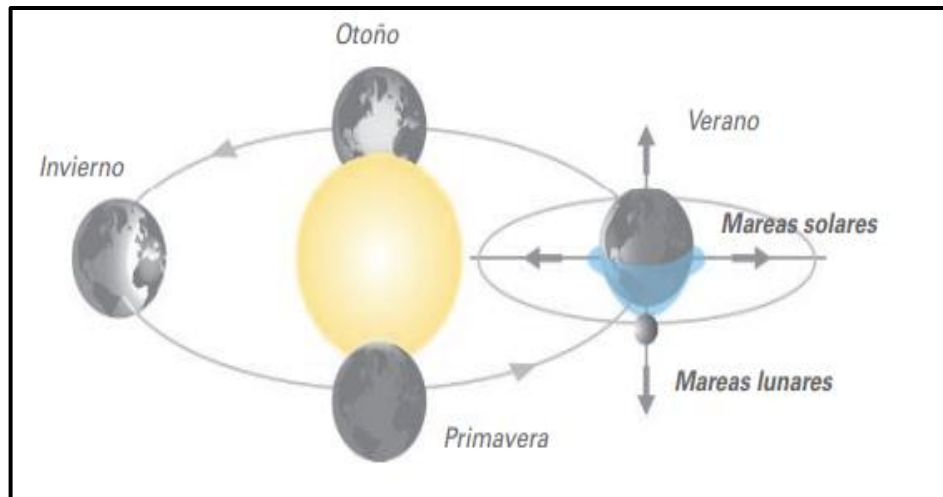


Figura 1. Efecto gravitacional del Sol y la Luna. Tomada de Las energías renovables EPEC

2.2.2. Energía solar

El uso de energía solar demanda equipos para capturar la irradiación solar y convertirla en otro modo de energía. Hay dos posibles opciones para las conversiones: fotovoltaica y fototérmica (23).



Figura 2. Energía solar fotovoltaicas. Tomada de Las energías renovables - EPEC

2.2.2.1. Distribución espectro electromagnético solar

La energía solar se presenta como radiación electromagnética o luz. Esta es una onda generada por el vaivén o aceleración de cargas eléctricas (24). No necesitan un medio material para propagarse, por lo que estas ondas pueden viajar a través del espacio interplanetario e interestelar, desde el sol y las estrellas hasta la tierra. La longitud de onda (λ) y la frecuencia (ν) de las ondas electromagnéticas están relacionadas con la expresión $\lambda\nu = C$ (donde C es la velocidad de la luz) y son importantes para determinar su energía, visibilidad, penetración y

otras características. Independientemente de su frecuencia y longitud de onda, todas las ondas electromagnéticas se propagan en el vacío a una velocidad de $C = 299,792 \text{ km / s}$ (25).

La radiación electromagnética se puede organizar en un espectro de diferentes longitudes de onda, como se muestra en la figura 3, “que van desde longitudes de onda cortas de una mil millonésima parte de un metro (frecuencias muy altas), como los rayos gamma, hasta longitudes de onda de hasta varios kilómetros (frecuencia muy baja), como las ondas de radio” (25). El espectro electromagnético no tiene un límite superior o inferior claro. Una pequeña parte de la energía radiada (llamados fotones) es inversamente proporcional a su longitud de onda, por lo que cuanto menor es la longitud de onda, mayor es el contenido de energía (24).

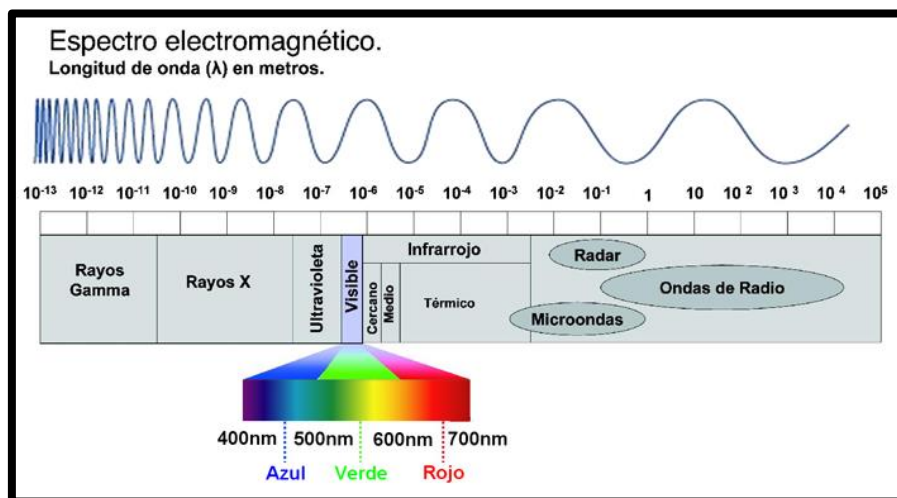


Figura 3. Espectro electromagnético de la radiación solar. Tomada de publico.es

“El sol emite energía en forma de radiación de onda corta, principalmente en las bandas ultravioleta, visible e infrarroja cercana, con longitudes de onda entre 0,2 y 3,0 micrones (200 nanómetros a 3000 nanómetros)” (25). Alrededor del 99% de la radiación solar que llega a la superficie terrestre está contenida en el área entre 0,2 y 3,0 μm , “mientras que la mayor parte de la radiación terrestre de onda larga está contenida en el área entre 3,

5 y 50 μm , como se muestra en la figura 4” (25). Las longitudes de onda en el rango de 0,25 μm a 4,0 μm se denominan espectroscopia de onda corta y se utilizan para muchos propósitos, como aplicaciones de células solares y procesos de fotosíntesis (24).

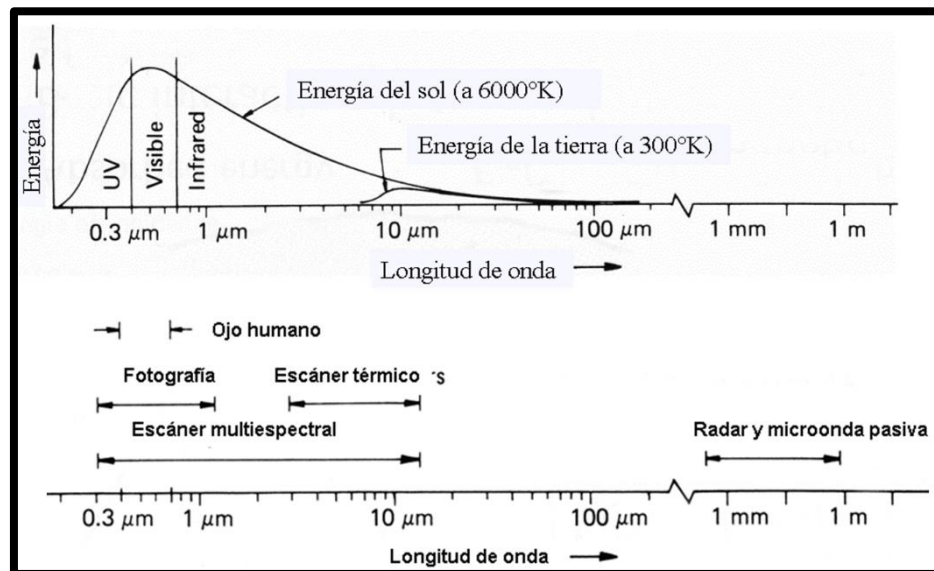


Figura 4. Energía radiada por el Sol y la Tierra. Tomada de publico.es

“La región de luz visible (entre $400\text{ nm} < \lambda < 700\text{ nm}$) corresponde a la radiación perceptible por el ojo humano, incluidos los colores: púrpura (420 nm), azul (480 nm), verde (520 nm), amarillo (570 nm), naranja (600 nm) y rojo (700 nm)” (25). “La luz violeta es más vibrante que la luz roja debido a su longitud de onda más corta” (24). La radiación con una longitud de onda más corta que la luz violeta se llama radiación ultravioleta. “Lo que tienen en común los diferentes colores de la luz es que la radiación electromagnética viaja a la misma velocidad. Su frecuencia y longitud de onda son diferentes. Dos rayos de la misma longitud de onda tienen la misma frecuencia y el mismo color” (25).

La región ultravioleta está entre 100 y 400 nanómetros.

La región del infrarrojo cercano está entre 700 y 4000 nanómetros.

Cada área corresponde a una parte de la energía incidente total en la atmósfera superior (llamada radiación solar extraterrestre), que se distribuye de la siguiente manera: 7.2% de luz ultravioleta; 47.2% de luz visible y 45.6% de luz infrarroja cercana (24).

2.2.2.2. El espectro de radiación

“El espectro de radiación es una representación gráfica del cambio en la energía de radiación con longitud de onda en una escala logarítmica” (2).

“Los espectros teóricos de radiación solar y terrestre alcanzan valores superiores a los estimados cuando se considera la atmósfera” (25).

“El ozono absorbe la radiación ultravioleta con una longitud de onda de menos de $0,3 \mu$ ” (2).

“El vapor de agua absorbe la radiación entre $0,9$ y $2,1 \mu$ en menor medida” (25).

“La mayor parte de la energía radiante emitida desde la superficie de la tierra es absorbida por el dióxido de carbono y el vapor de agua” (25).

“Los pequeños gráficos en las esquinas representan los espectros de radiación solar y terrestre en una escala lineal. Observe que las superficies de los dos espectros son similares” (25).

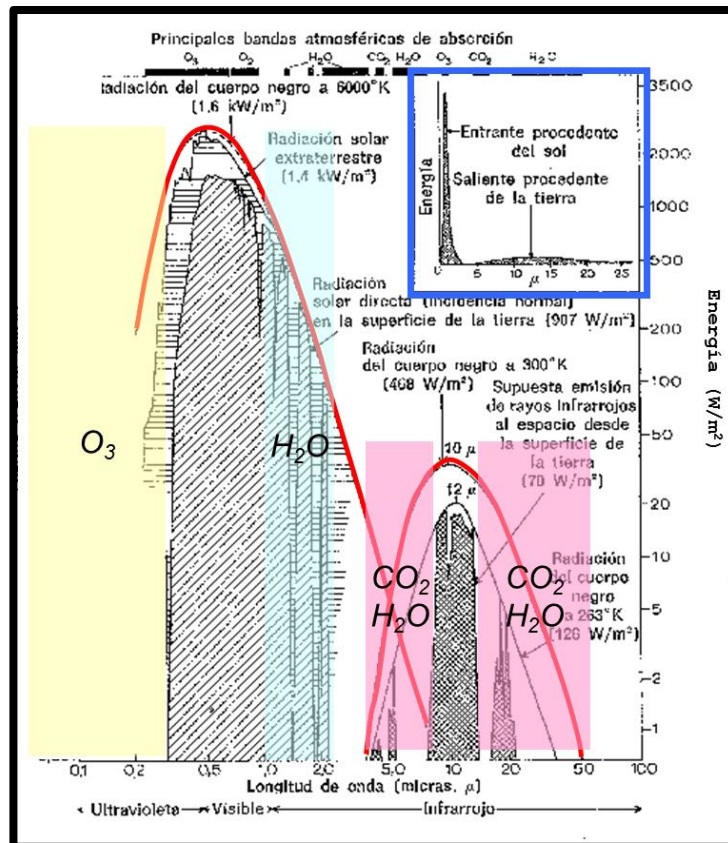


Figura 5. Principales bandas atmosféricas de radiación. Tomada del Instituto de Tecnologías Educativas

Las diferentes bandas del espectro tienen efectos muy diferentes sobre los sistemas y organismos ambientales:

- “La radiación ultravioleta ($\lambda < 400$ nm) es absorbida por los electrones de átomos y moléculas, lo que cambia su estructura y produce profundos cambios químicos, como la ionización del nitrógeno en la atmósfera, la disociación del ozono o la destrucción de determinadas sustancias” (25). “En la piel humana. También puede prevenir la síntesis de determinadas sustancias, como la melanina” (25).
- “La luz visible ($400 < \lambda < 700$ nm) es la parte del espectro donde la radiación solar alcanza su nivel máximo, por lo que juega un papel importante en la adaptación biológica al medio” (25). Muchas sustancias biológicamente importantes se caracterizan por “reacciones químicas selectivas que ocurren en la parte visible del espectro solar, dando como resultado la transformación de estructuras moleculares con diferentes

funciones biológicas, como la fotosíntesis relacionada con la clorofila y la visión relacionada con las células fotorreceptoras” (25).

- “Los rayos infrarrojos ($700 < \lambda < 1000$ nm) ya no tienen energía suficiente para iniciar reacciones químicas, pero sí tienen energía suficiente para causar vibración molecular; desde un punto de vista macroscópico, esto es lo que se llama absorción de calor, casi siempre se manifiesta como un aumento de temperatura” (25).
- “Las microondas ($1000 \text{ nm} < \lambda < 0,3 \text{ m}$) harán que las moléculas giren, lo que conduce a un aumento de calor. El agua los absorbe con mucha fuerza y se calienta con ella. Este hecho es importante en la transferencia de calor entre mares y océanos” (25).

Tabla 4
Distribución de la energía en el espectro solar

Zona del espectro	Intervalo de longitud de onda (nm)	% de la energía solar
Ultravioleta o menor	< 350	4.5
Ultravioleta cercano	350 - 400	4.2
Visible	400 - 700	38.6
Infrarrojo cercano	700 - 1000	22.6
Infrarrojo o mayor	> 1000	30.5

Fuente: Instituto de tecnologías educativas (26)

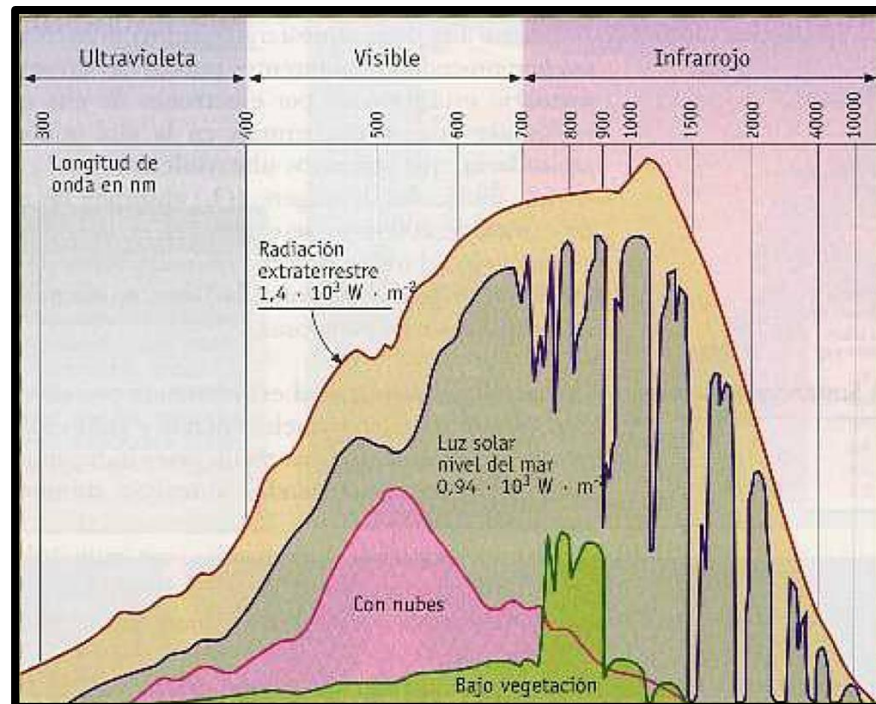


Figura 6. Absorción del espectro de radiación solar. Tomada del Instituto de Tecnologías Educativas (25)

“El espectro de radiación solar está en el rango visible, parte del infrarrojo (IR) y ultravioleta (UV)” (25):

- “Espectro de radiación (línea negra) de un cuerpo negro ideal a una distancia de una unidad astronómica de la fuente de emisión a 6000 °K” (25).
- “Espectro de radiación obtenido de experimentos fuera de la atmósfera (línea roja)” (25).
- “Espectro de radiación (línea marrón) recibido al nivel del mar a 45 grados de latitud norte en el Golfo de Vizcaya en septiembre de 1998 (25)”.

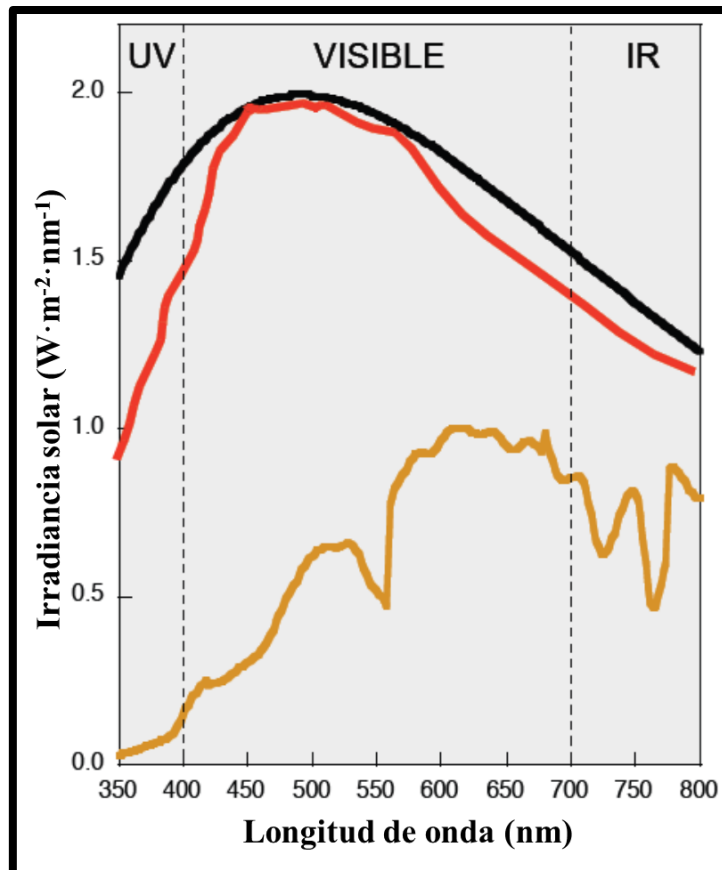


Figura 7. Espectros de radiación solar. Tomada del Instituto de Tecnologías Educativas (25)

2.2.2.3. Modelo de radiación solar y terrestre emitida

La temperatura de la Tierra está determinada por balance entre:

Ecuación 1. Radiación solar absorbida

$$\sigma_0 \cdot (1-\alpha) \cdot \pi \cdot r^2$$

Ecuación 2. Radiación terrestre emitida

$$\sigma \cdot T^4 \cdot 4 \cdot \pi \cdot r^2$$

Donde:

- T= temperatura de la Tierra. Se mide en °K
- A=albedo terrestre (≈ 0.3)
- σ_0 = corriente solar ($1360 \text{ W/m}^2 = 1.95 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$)
- “ σ = corriente de Stefan-Boltzmann ($5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2/\text{K}^4$) ($^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$)” (25).

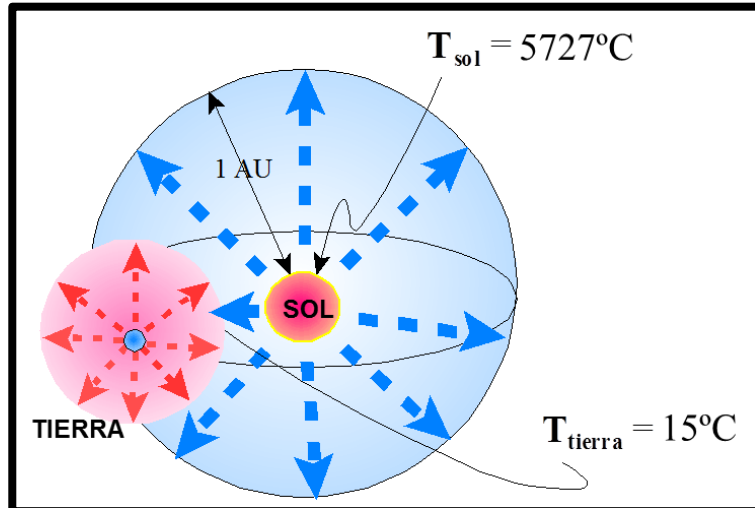


Figura 8. Temperatura terrestre y solar. Tomada del Instituto de Tecnologías Educativas (25)

2.2.2.4. Balance de radiación neta

“La cantidad de radiación solar que cae sobre la superficie de la Tierra es igual a la suma de la radiación solar reflejada (albedo) y la radiación de onda larga emitida por la Tierra al espacio exterior” (25).

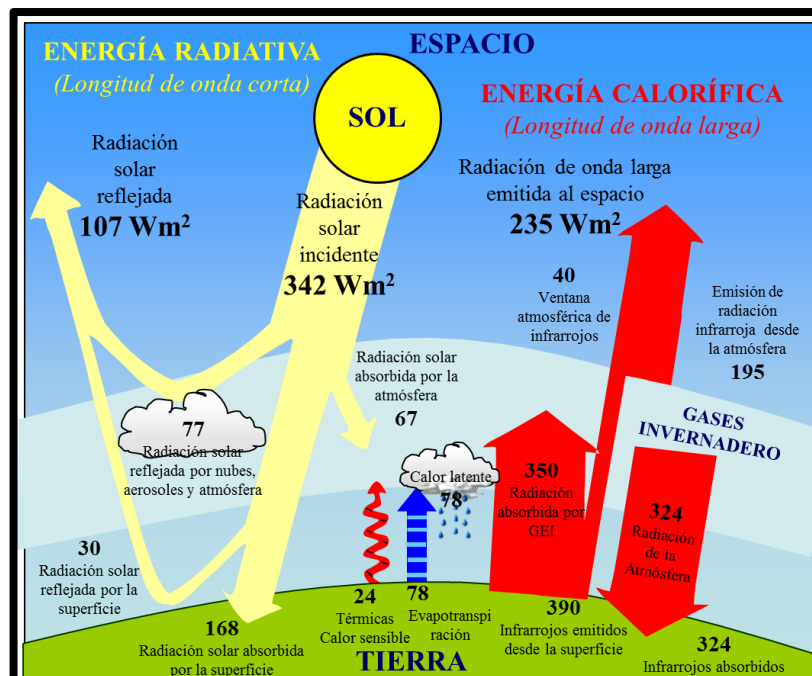


Figura 9. Radiancias típicas a nivel del mar. Tomada del Instituto de Tecnologías Educativas (25)

Tabla 5
Radiancias típicas a nivel del mar

Entorno		Irradiancia	Porcentaje
Limite exterior de la atmósfera (para comparar)		522	100.00
Dia	Atmósfera clara, sol en cenit	500	95.80
	Atmósfera clara, sol a 60° del cenit	450	86.20
	Atmósfera turbia, sol a 60° del cenit	300	57.50
	Atmósfera turbia, sol cerca del horizonte	100	19.20
	Nubosidad extrema, sol cerca del horizonte	10	1.92
Noche	Atmósfera clara, luna llena cerca del cenit	$1 * 10^{-3}$	$2.0 * 10^{-4}$
	Atmósfera clara, sin luna	$3 * 10^{-6}$	$5.7 * 10^{-7}$
	Noche de nubes	$3 * 10^{-7}$	$5.7 * 10^{-7}$
	Atmósfera clara, luz de una única estrella de 1° de magnitud	$3 * 10^{-11}$	$5.7 * 10^{-12}$

Tomada del Instituto de Tecnologías Educativas (25)

2.2.3. Recurso solar en el Perú

2.2.3.1. Generalidades del Perú

“El mapa de energía solar de Perú elaborado por el Ministerio de Energía y Minas muestra que la radiación solar del país es alta, oscilando entre 5,5 y 6,5 kWh / m²; de 5,0 a 6,0 kWh / m² en la costa y en la selva, es aproximadamente de 4,5 a 5,0 kWh / m²” (27). “Un número que indica que los países de América Latina tienen un potencial fotovoltaico muy alto y deben utilizarse para producir energía limpia para sus residentes” (15).

“Considerando estos datos y luego de recibirlos durante los meses de verano, es interesante revisar los niveles esperados de radiación solar en el Perú. El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Senamhi enfatizó que el índice del verano pasado llegó a 19 en una escala de 20 puntos” (15). “Para observar la correlación de estos datos, debe quedar claro que cuando la

radiación solar supera los 11 puntos de escala, se considera extrema” (26).

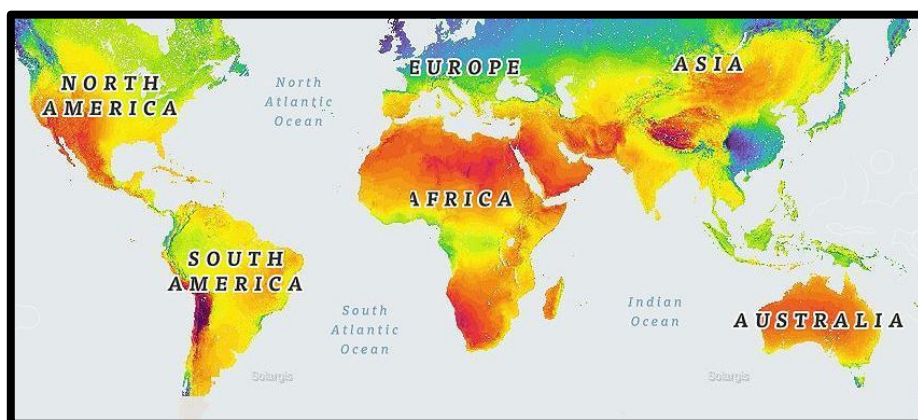


Figura 10. Mapa de radiación solar. Tomada de Autosolar Perú (26)

En Perú, el fenómeno de El Niño agrava el riesgo de radiación solar. El Niño es un fenómeno meteorológico que eleva la temperatura de las aguas costeras y provoca sequías en las tierras altas; estas son las condiciones comunes más secas y nubladas en enero y febrero en los Andes. Facilita el paso de la radiación ultravioleta (27).

Según los registros del Senamhi, el lunes 7 de enero de 2019 la radiación solar alcanzó 15 puntos en Tacna y 17 puntos en Moquegua. Al mismo tiempo, en las regiones de Arequipa y Puno se registraron los valores de 18 a 19 puntos radiantes.

La directora regional de Senamhi Moquegua-Tacna, Edualda Medina, dijo que desde diciembre de 2018, el valor de la radiación solar ha sido alto, por lo que se determina que el valor más extremo de este verano se presentará en febrero. La lluvia y el tiempo nublado pueden ayudar a reducir la sensación de calor hasta cierto punto, pero no son la razón para que se reduzca la vigilancia contra la radiación solar (27).

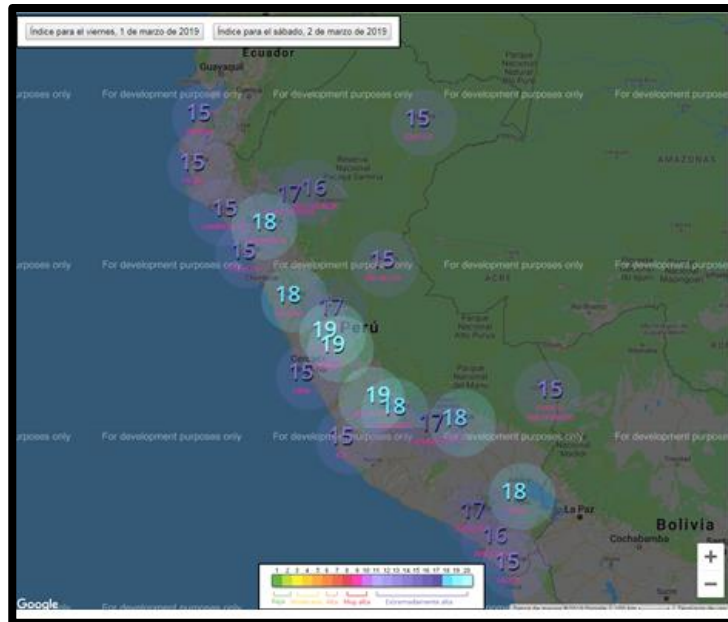


Figura 11. Radiación Solar Sur del Perú 11 de enero 2020. Tomada del Instituto de Tecnologías Educativas (25)

2.2.3.2. Antecedentes meteorológicos en el Perú

El sur del Perú es propicio para la instalación de proyectos de energía solar. A principios del año pasado se inauguró en el desierto de Moquegua la planta solar más grande del Perú. En este lugar, llamado Pampas de Clesesí, se han instalado más de medio millón de paneles que captan la energía del sol y la convierten en electricidad. Los cientos de miles de planchas de silicio ocupan 95 hectáreas de la pampa. El complejo se llama Rubí, es la planta solar más grande del Perú y coloca a Moquegua, a la vanguardia del país.

El Grupo ENEL, de capitales italianos, ha invertido US\$ 165 millones en instalar este andamiaje, que significa una potencia de 180 MW pico, capaz de generar aproximadamente 440 GWh al año, lo cual se inyectará al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) del Perú a través de la subestación Montalvo (27).

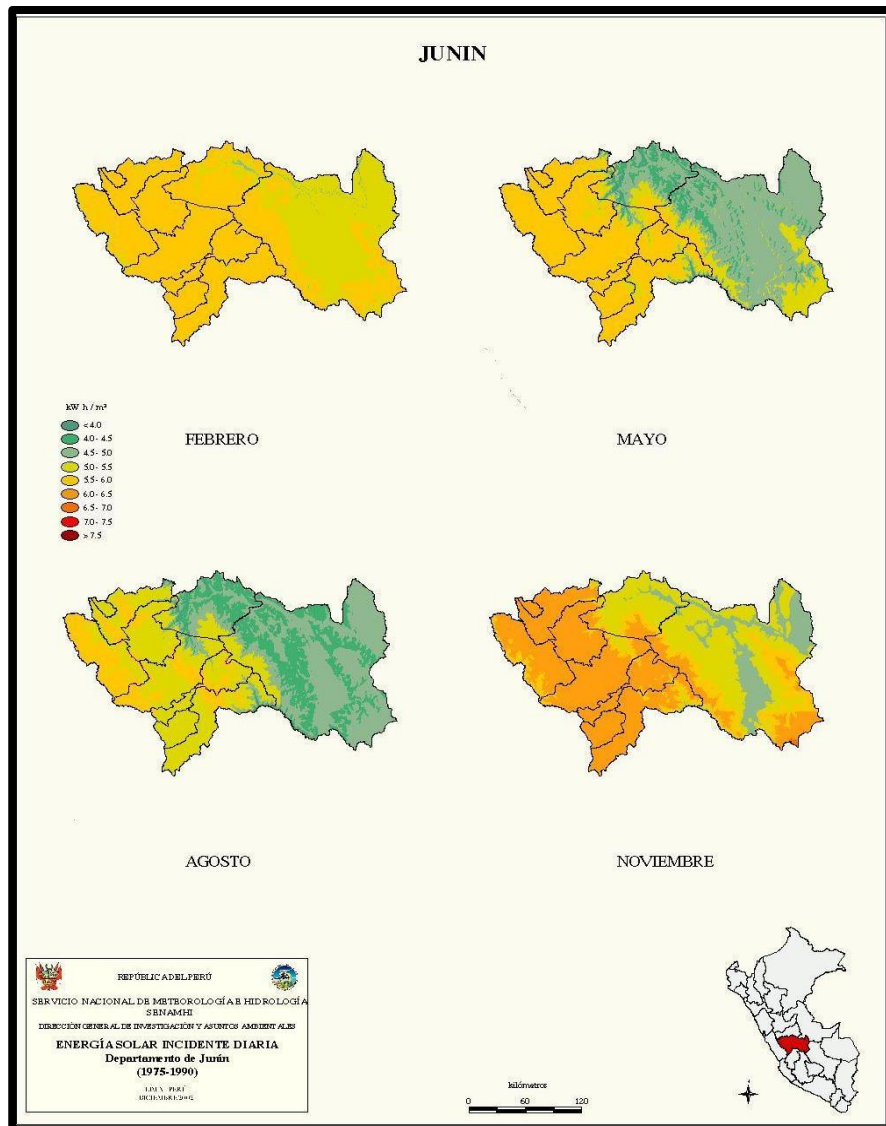


Figura 12. Mapa de irradiancia del departamento Junín. Tomada de Delta Volt

2.2.3.3. Energía solar del Perú

“La energía solar es una de las opciones energéticas alternativas de combustión de combustibles fósiles que se están desarrollando. A diferencia de los países nórdicos, el territorio de Perú está más cerca de Ecuador, donde hay sol la mayor parte del año” (27). Según el Atlas Solar del Perú elaborado por el Ministerio de Energía y Minas, “la radiación solar anual del Perú es muy alta, alrededor de 5,5 a 6,5 kWh / m² en la sierra; 5,0 a 6,0 kWh / m² en la costa y selva, de alrededor de 4,5 a 5,0 kWh / m²” (25).

En Perú se ha desarrollado la energía solar en tres áreas.

“La primera (y más tradicional) zona son las termas del sur del Perú (principalmente Arequipa y Puno) como fuente de calor, donde se dedican alrededor de 30 empresas a la fabricación y mantenimiento de estos dispositivos” (25). Sin embargo, “aún queda un largo camino por recorrer para promover el uso de paneles solares para aprovechamiento del calor en áreas urbanas y rurales, lo que significa que se reducirá el consumo de las redes domésticas (los calentadores eléctricos son uno de los principales consumidores de electricidad en casa)” (25). Además, “su uso no se limita a los hogares, sino que también puede ser utilizado con fines productivos, como secadores de granos agrícolas (en las regiones del sur, la producción de granos andinos es alta, como kiwicha, quinua, kañihua) y para purificación en áreas donde se necesita de agua” (15).

Otro ámbito en el que se ha avanzado es “el suministro de energía eléctrica a las zonas rurales. El 16% de la población del Perú no tiene electricidad en el hogar y esta cifra ha aumentado al 22% en las zonas rurales” (25). Según datos de la Administración General de Electrificación Rural, “todavía hay alrededor de 500.000 hogares en las zonas rurales que no pueden brindar servicios a través del plan público de electrificación” (27). “Plan nacional de electrificación para la electrificación rural, alrededor de 345,823 hogares en áreas rurales necesitan instalar módulos fotovoltaicos” (14).

Entre los proyectos existentes, “hay un proyecto financiado por el Banco Mundial, el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) y el MEM, que ha proporcionado subsidios de electricidad a 2.216 hogares que han instalado sistemas fotovoltaicos piloto” (14). Además, en el plan, “hay otros subproyectos en cartera para cubrir más de 7.000 hogares. Otro proyecto es Euro Solar, que proporciona 130 plantas de energía híbrida a pequeña escala (eólica-solar) diseñadas para proporcionar energía a puestos

rurales, escuelas y sitios comunitarios” (6). De manera similar, “el plan Luz para Todos del gobierno central prevé que alrededor de 11.640 nuevas ubicaciones que brinden servicios eléctricos utilizarán energía renovable, una gran parte de la cual será proporcionada por sistemas fotovoltaicos” (14). “Las opciones para la electrificación rural incluyen sistemas fotovoltaicos domésticos (SFD). Adinelsa, la empresa estatal encargada de promover la electrificación rural en áreas no concesionadas ya cuenta con más de 1.500 SFD en operación en el sur del país” (14).

“La tercera área de desarrollo, y la más prometedora, es la concesión de 4 plantas solares conectadas al Sistema Eléctrico Nacional (SEIN) luego de la primera subasta de suministro de energía renovable (RER) es implementado por el Ministerio de Energía y Minas” (14). “Las empresas españolas *T-Solar Global* y *Solarpack Corporación Tecnológica* construirán estas cuatro plantas fotovoltaicas con una potencia total de 80 megavatios (MW). Estas empresas han firmado un contrato con el gobierno peruano que les permite asegurar la venta de energía solar en un plazo de 20 años” (27). Según Juan Laso, director general de T Solar, “la adjudicación le permitirá “incrementar la fase de desarrollo de T-Solar de la cartera de proyectos con una potencia total de más de 650 MW”” (14).



Figura 13. Mapa de la Radiación Solar del Perú. Tomada de Delta Volt

2.2.4. Radiación, irradiación e irradiancia

“La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía limpia y renovable que utiliza la radiación solar para generar electricidad. Tiene su base física en el llamado efecto fotoeléctrico, es decir, ciertos materiales pueden absorber fotones (partículas de luz) y liberar electrones, generando así corriente eléctrica” (27).

Para ello, “se utilizan dispositivos semiconductores denominados células fotovoltaicas o baterías, que pueden estar fabricadas con silicio monocristalino, policristalino o amorfo u otras delgadas capas de materiales semiconductores” (27).

“El silicio monocristalino se obtiene a partir de un monocristal de

silicio puro, que puede alcanzar la máxima eficiencia del panel solar, que se sitúa entre el 18% y el 22%. El polisilicio es un bloque formado por varios cristales, por lo que son más económicos, con una eficiencia media entre el 16% y el 17,5%” (27).

Finalmente, los paneles solares hechos de silicio amorfo están compuestos por celosías desordenadas, lo que lleva a un menor rendimiento de estos paneles solares, con una eficiencia media de entre el 8% y el 9%, pero actualmente están abandonados (1).

Reactores de núcleo saturables

El reactor saturable en ingeniería eléctrica es una forma especial de inductor en el que el núcleo magnético puede saturarse deliberadamente controlando la corriente continua en el devanado. Una vez saturada, la inductancia del reactor saturable cae dramáticamente. Esto disminuye la reactancia inductiva y permite un mayor flujo de la corriente alterna.

Los reactores saturables proporcionan un medio muy sensible para controlar de forma remota y proporcional la corriente alterna (CA) a través de una carga como una lámpara incandescente; la corriente alterna es aproximadamente proporcional a la corriente continua (CC) en el devanado de control.

2.2.4.1. Radiación Solar

El sol produce una cantidad constante de energía, y cuando golpea la superficie de la tierra, pierde parte de su energía debido a diferentes fenómenos ambientales.

Debido a los fenómenos atmosféricos, las actividades humanas, la forma de la tierra misma y la influencia de los ciclos diurno y nocturno, la potencia radiante que llega a la tierra $1367 \text{ W} / \text{m}^2$, llamada constante solar, no es la potencia radiante que llega a la superficie del planeta entre la órbita elíptica de la Tierra (1).

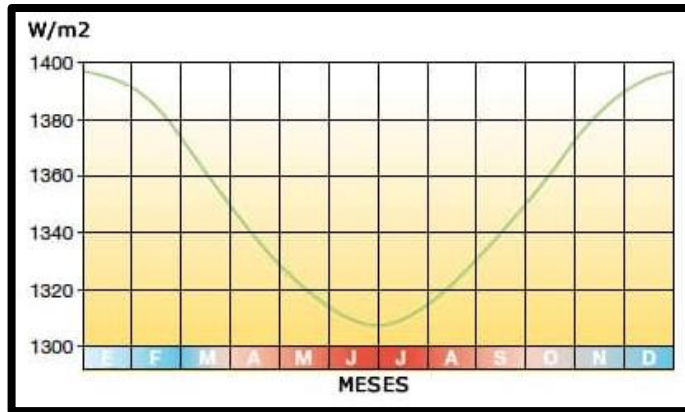


Figura 14. Variación de la Radiación atmosférica solar mensual. Tomada de Sunfields Europe (1)

De hecho, como podemos ver en la figura anterior, debido a la órbita elíptica, la radiación que llega a la atmósfera es mayor en los meses de invierno que en los meses de verano, porque como se decía, debido a la órbita elíptica, la Tierra es como se ve en la siguiente figura (1):

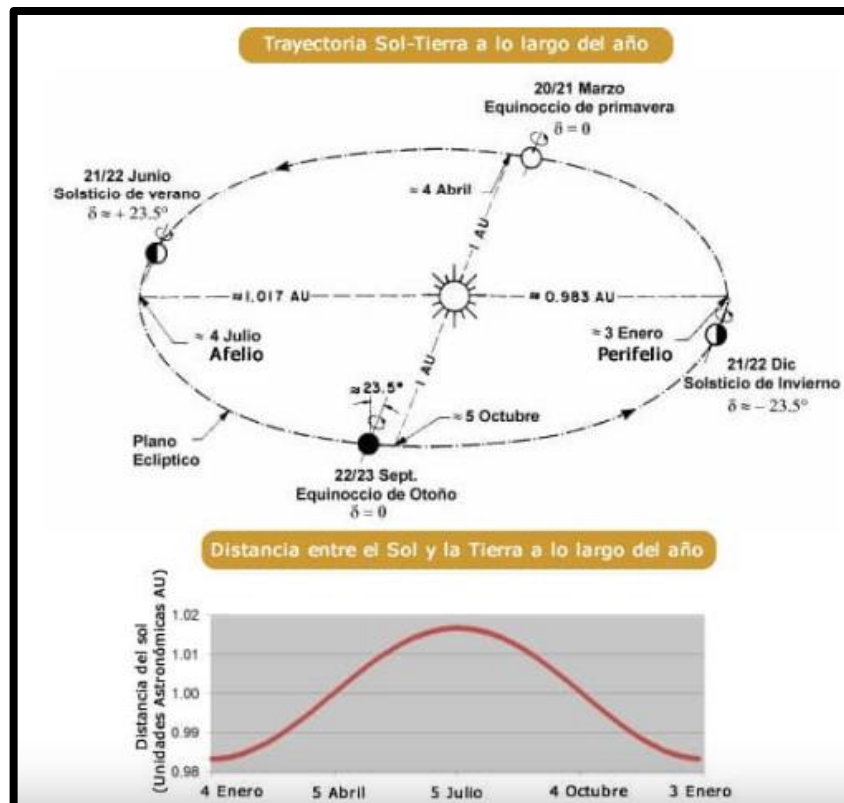


Figura 15. Representación de la distancia entre el Sol y la Tierra. Tomada de Sunfields Europe (1)

2.2.4.2. Irradiación solar

“La cantidad de radiación solar es una medida de la cantidad de energía de radiación solar incidente por unidad de área colocada en una superficie dentro de una ubicación y rango de tiempo específicos. En otras palabras, no toda la radiación solar producida por el sol puede llegar a la tierra. La magnitud que describe la radiación solar que llega a la tierra es la irradiancia” (2). “La irradiancia se expresa en términos de potencia por unidad de área, generalmente vatios por metro cuadrado. Cuando se habla de irradiancia solar, se hace referencia a la cantidad de irradiancia recibida en un período de tiempo determinado” (15).

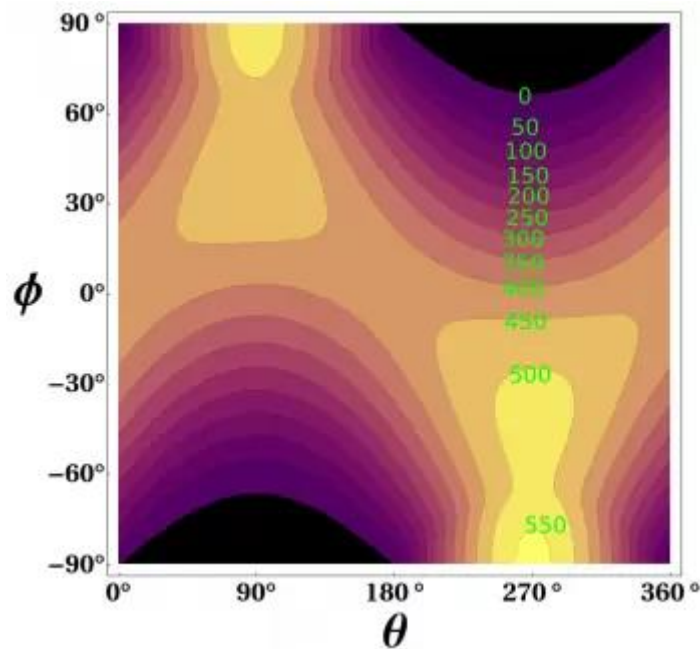


Figura 16. Irradiación solar. Tomada de solar-energia.net (15)

“Debido a que la irradiancia se mide en vatios por metro cuadrado, la irradiancia solar generalmente se mide en vatios hora por metro cuadrado” (14).

Según (Solar 2020) sostiene que, “La radiación solar sobre la superficie terrestre, desde un punto de vista técnico, es el aumento de la radiación solar filtrada por la intervención de la atmósfera en un intervalo de tiempo determinado. El valor de la

radiación solar en la superficie terrestre depende de la época del año, la latitud, el clima local y la hora del día” (15).

Hay varios tipos de medición de irradiancia solar.

- La irradiación solar total
- La irradiación normal directa
- La irradiación horizontal difusa o la radiación de cielo difuso
- La irradiación horizontal global

“La irradiancia solar total es una medida de la energía solar incidente en todas las longitudes de onda por unidad de área en la atmósfera superior de la Tierra. Se mide perpendicular a la luz solar incidente. La constante solar es una medida convencional de la irradiancia solar total promedio dentro de una unidad astronómica de distancia” (14).

La radiación normal directa o radiación de haz se mide en una posición determinada de la superficie de la Tierra, con elementos superficiales perpendiculares al Sol, excluyendo la radiación solar difusa (radiación que es dispersada o reflejada por componentes atmosféricos). La irradiancia directa es igual a la irradiancia alienígena sobre la atmósfera menos la pérdida atmosférica debido a la absorción y la dispersión. La pérdida depende de la hora del día (según la longitud del camino de la luz a través de la atmósfera según la altitud del sol), la cobertura de nubes, el contenido de humedad y otras cosas. La irradiancia en la atmósfera también varía con la época del año (debido a la diferente distancia del Sol), aunque este efecto no suele ser tan significativo en comparación con el efecto de la pérdida de radiación normal directa.

La radiación horizontal difusa o radiación difusa del cielo es la radiación generada en la superficie de la Tierra por la luz dispersada por la atmósfera. Se mide en una superficie horizontal

y todos los puntos del cielo tienen radiación, excluida la radiación solar del disco solar. En ausencia de atmósfera, casi no hay radiación horizontal difusa.

La irradiancia horizontal global es la irradiancia total del Sol en el plano horizontal de la Tierra. Es la suma de la irradiancia directa (después de tener en cuenta el ángulo cenital solar del Sol z) y la irradiancia horizontal difusa (15).

2.2.5. Sistema fotovoltaico

Dispositivo de estado sólido que convierte la luz solar en electricidad (9).

2.2.5.1. Módulo fotovoltaico (panel fotovoltaico)

Según (Minas 2007), define que es “Conjunto de celdas fotovoltaicas conectadas entre sí en serie o en paralelo con el fin de generar cantidades de corriente y tensión requeridos para un requerimiento de carga” (16).

2.2.5.2. Sistema fotovoltaico doméstico (SFD)

Según (Minas 2007), define que “El total de componentes y subsistemas que en combinación convierten la energía solar en energía eléctrica adecuada para la conexión de cargas de utilización” (16).

2.2.5.3. Sistemas fotovoltaicos autónomos

Son los que están aislados de la red.

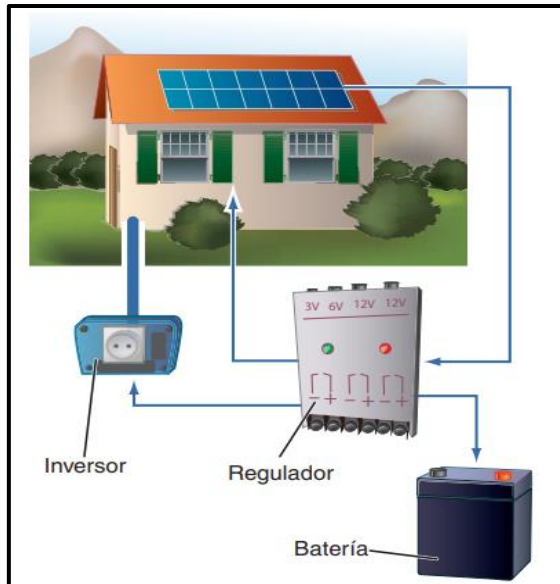


Figura 17. Sistema fotovoltaico autónomo. Tomada de Componentes de instalación fotovoltaica

2.2.5.4. Sistemas fotovoltaicos conectados a la red

Son los que están conectados directamente a la red.

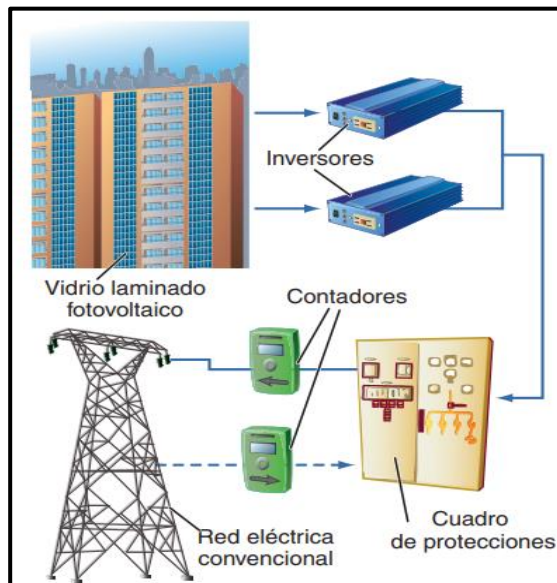


Figura 18. Sistema fotovoltaico conectado a la red. Tomada de Componentes de instalación fotovoltaica

2.2.6. Componentes del Sistema Fotovoltaico Autónomo

Entre los principales componentes más utilizados, sin ser mandatorios, se menciona los siguientes:

- Un módulo fotovoltaico (12 Vcc, 50 W)
- Un poste y soporte para el módulo fotovoltaico

- Una batería (12 Vcc, 94 Ah)
- Un controlador de carga (12 Vcc, 10 A)
- Un convertidor de tensión CC/CC (12 Vcc / 09 Vcc, 06 Vcc / 03 Vcc, 1 A) o Inversor de CC/CA
- Lámparas en CC (12 Vcc, 11 W)
- Accesorios

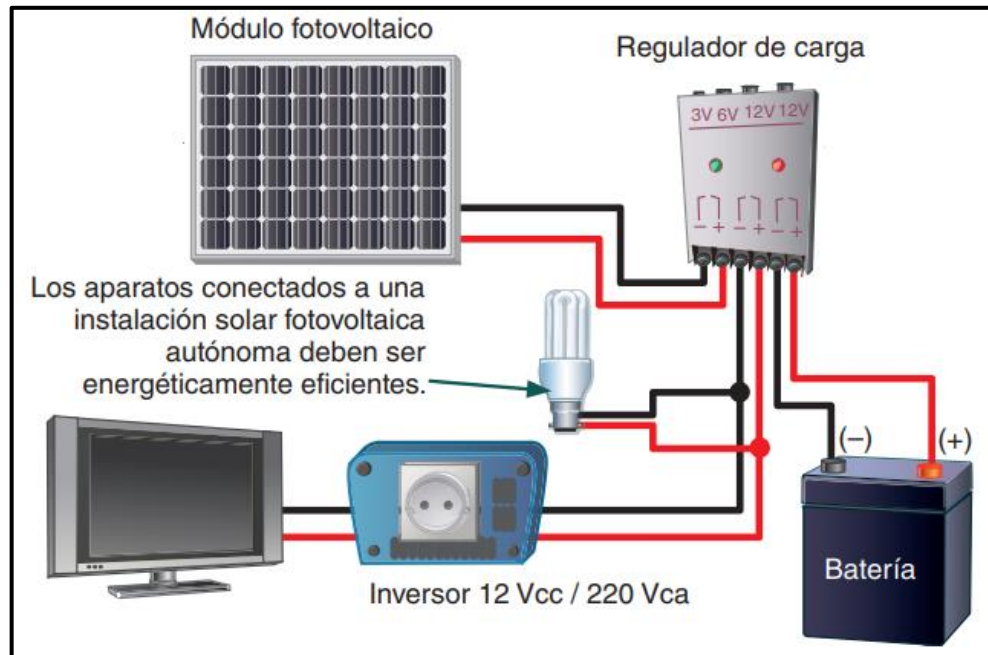


Figura 19. Componentes del sistema FV. Tomada de Componentes de instalación fotovoltaica

2.2.6.1. Generador fotovoltaico

“Se encarga de convertir la energía del Sol en energía eléctrica. Está compuesto por múltiples módulos fotovoltaicos conectados en serie o en paralelo, y cada módulo fotovoltaico está compuesto por una unidad básica denominada celda fotovoltaica. Una sola celda fotovoltaica típica puede proporcionar aproximadamente 3 W de potencia” (14). Este valor es pequeño para la mayoría de las aplicaciones y los fabricantes los conectan en serie o en paralelo para formar módulos fotovoltaicos (este es un tipo de compra en la tienda).

“La potencia que puede proporcionar un módulo fotovoltaico depende de la cantidad de baterías que tenga. El valor típico de un

módulo formado por 36 baterías conectadas en serie está entre 50 y 100 W, dependiendo del área de cada batería. Si la potencia sigue siendo insuficiente para una determinada aplicación, el instalador conecta los módulos necesarios en serie y en paralelo hasta obtener la potencia requerida” (28).



Figura 20. Generador fotovoltaico. Tomada de Ir21.com.uy



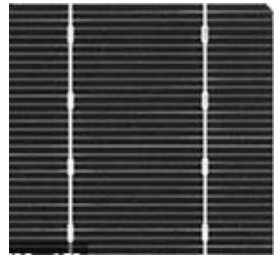
2.2.6.2. Módulos FV

“Los módulos fotovoltaicos o paneles solares consisten en un conjunto de baterías que están conectadas eléctricamente, encapsuladas y montadas en una estructura o marco de soporte. Proporciona un voltaje de conexión continuo en el terminal de salida conectado, que está diseñado para valores de voltaje específicos (6V, 12V, 24V), que definirá el voltaje de trabajo del sistema fotovoltaico” (28).

El tipo de panel solar está determinado por la tecnología de fabricación de la batería, que es básicamente:

- Silicio cristalino (monocristalino y policristalino)
- Silicio amorfo

Tabla 6
Paneles según la tecnología de fabricación

Células	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocrystalino	24%	15 - 18%	El color azul uniforme y la conexión entre una sola celda son típicos (Czochralski)	Obtenido de silicio puro fundido y dopado con boro
	Policristalino	19 - 20%	12 - 14%	La superficie está hecha de cristal y contiene diferentes tonos de azul.	Igual que el monocrystal, pero el número de fases cristalinas se reduce.
	Amorfo	16%	< 10%	Tiene un color uniforme (marrón), pero hay conexiones visibles entre las células.	Su ventaja es que se puede depositar sobre sustratos como vidrio o plástico en forma de escamas.

Tomada de Componentes de instalación fotovoltaica

2.2.6.3. Celdas solares

“Para comprender el principio de funcionamiento de las células fotovoltaicas, se debe considerar la naturaleza del material y la naturaleza de la luz solar. Las células solares están compuestas de dos materiales, generalmente silicio de tipo p y silicio de tipo n” (28). “Ciertas longitudes de onda de luz pueden ionizar átomos en el silicio y el campo interno creado por la unión que separa algunas de las cargas positivas ("huecos") de las cargas negativas (electrones) en el dispositivo fotovoltaico” (29). “Los agujeros se mueven hacia la capa de electrodo positivo o la capa de tipo p, y los electrones se mueven hacia el electrodo negativo o la capa de tipo n. Aunque estas cargas opuestas se atraen entre sí, la mayoría de ellas solo pueden recombinarse a través de circuitos externos fuera del material debido a las barreras internas de energía potencial” (29).

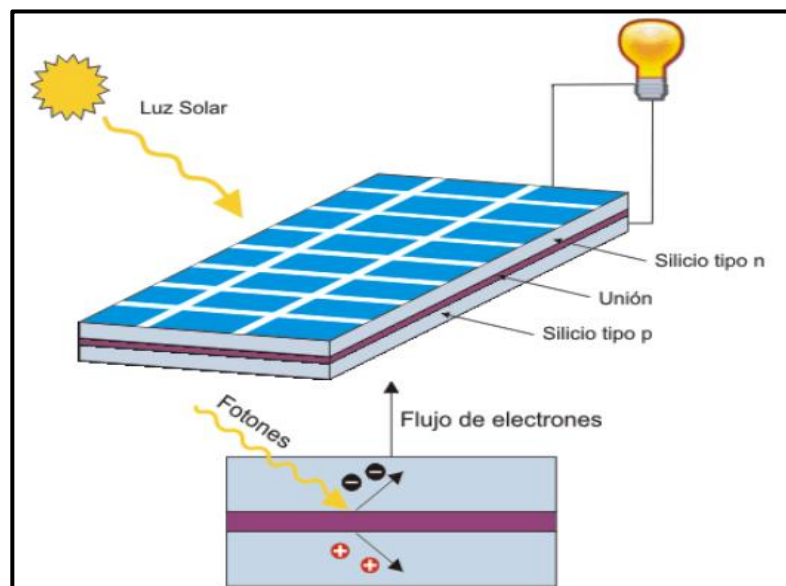


Figura 21. Efecto fotovoltaico en una célula solar. Tomada de Energía Solar

2.2.6.4. Parámetros fundamentales de la célula solar

- “Corriente de iluminación (I_L): la corriente producida cuando la radiación solar golpea la batería” (30).
- “Corriente de oscuridad: esto se debe a la recombinación de pares de agujeros de electrones que se produce dentro del

semiconductor” (30).

- “Tensión de circuito abierto (V_{oc}): el voltaje máximo obtenido en ambos extremos de la celda solar, que aparece cuando no hay carga conectada. Esta es una característica del material utilizado para construir la batería” (30).
- “Corriente de cortocircuito (I_{sc}): el valor de corriente máximo que puede fluir a través de la celda solar. Ocurre cuando sus terminales están en cortocircuito” (30).

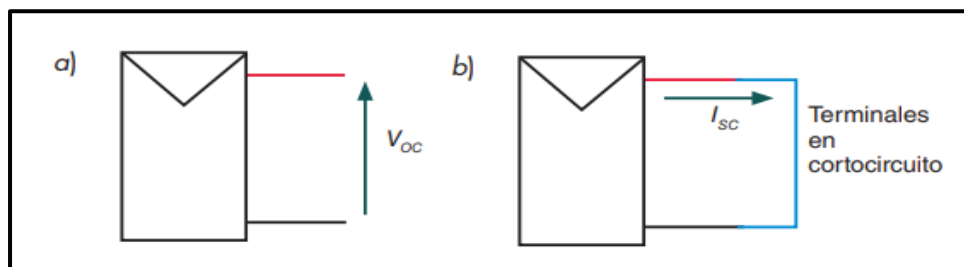


Figura 22. Medición de la tensión en circuito abierto (a) y corriente de cortocircuito (b). Tomada de Componentes de instalación fotovoltaica (30)

2.2.6.5. Regulador de carga

Según (Doig 2012) mantiene que, “Para el correcto funcionamiento de la instalación, se debe instalar un sistema de regulación de carga en la unión entre el panel solar y la batería. Este componente se llama regulador y su función es evitar la carga y descarga excesiva de la batería para prolongar su vida útil” (30).

Según (Doig 2012) define que, “el regulador trabaja en ambas áreas. En la parte de carga, su tarea es asegurarse de que la batería tenga suficiente energía para evitar la sobrecarga, y en la parte de descarga, hay un responsable de garantizar un suministro de energía diario suficiente y evitar que la batería se descargue en exceso” (30).

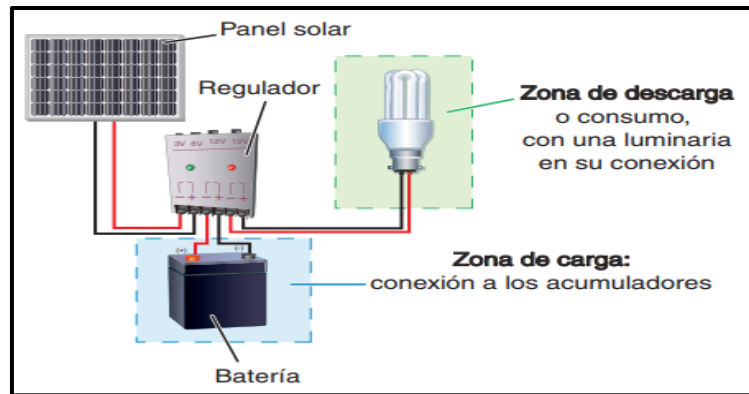


Figura 23. Conexiones del regulador. Tomada de Componentes de instalación fotovoltaica

Dado que el voltaje nominal del módulo solar es más alto que el voltaje nominal de la batería, si no hay regulador de voltaje, puede ocurrir una sobrecarga.

Hay dos razones principales para esta tensión nominal del panel:

- Reducir la caída de voltaje que puede ser causada por el aumento de temperatura.
- Asegúrese de que la batería se cargue correctamente. Por esta razón, el voltaje del panel de la batería V_{OC} debe ser mayor que el voltaje nominal de la batería

El fabricante proporcionará el valor de trabajo de la agencia reguladora en la hoja de datos. Aparecerá en estas hojas de trabajo:

- “Las características físicas del regulador: peso, tamaño, materiales utilizados en la estructura” (30).
- “Características eléctricas” (30).
- “Los estándares de seguridad que cumple” (30).

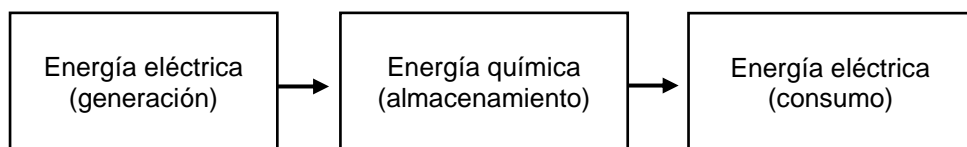
2.2.6.6. Batería para sistemas fotovoltaicos

“La situación de la energía solar que llega a los módulos fotovoltaicos no es uniforme, sino que varía por diferentes motivos. Algunos de estos cambios son predecibles, como la duración de la

noche o la estación del año, pero hay muchas otras razones que pueden provocar cambios aleatorios en la energía recibida, como un aumento de la cobertura de nubes en un momento determinado” (30).

“Esto hace que sea muy importante utilizar el sistema de almacenamiento de energía en aquellos momentos en los que la radiación recibida en el generador fotovoltaico no puede hacer que la instalación funcione al valor de diseño. Para ello se utilizarán pilas o acumuladores” (30).

“Una batería es un dispositivo que puede convertir energía química en energía eléctrica. El funcionamiento de la instalación fotovoltaica es el siguiente”:



“La batería se carga con la electricidad generada por el panel solar a través de un generador de carga y puede proporcionar electricidad a la salida del dispositivo, donde se consume” (30).

Existen tres misiones de baterías en instalaciones fotovoltaicas:

- a) Número especificado de días de almacenamiento de energía
- b) Proporciona alta potencia instantánea
- c) Establecer el voltaje de funcionamiento del dispositivo

El parámetro más importante por considerar al elegir un acumulador es:

- La capacidad
- Eficiencia de carga
- Autodescarga
- Profundidad de descarga

“Las características que serían deseables para las baterías a utilizar en las instalaciones solares son” (30):

- “Buena resistencia al ciclado (proceso de carga-descarga)
- Bajo mantenimiento
- Buen funcionamiento con corrientes pequeñas
- Amplia reserva de electrolito
- Depósito para materiales desprendidos
- Vasos transparentes” (30).

Tabla 7
Características de los principales tipos de baterías

Tipo de batería	Tensión por vaso (V)	Tiempo de recarga	Autodescarga por mes	N.º de ciclos	Capacidad (por tamaño)
Plomo- acido	2	8-16 horas	< 5%	Medio	30-50 Wh/kg
Ni-Cd (níquel-cadmio)	1.2	1 hora	20%	Elevado	50-80 Wh/kg
Ni-Mh (níquel-metal hydride)	1.2	2-4 horas	20%	Medio	60-120 Wh/kg
Li ion (ion litio)	3.6	2-4 horas	6%	Medio - bajo	110-160 Wh/kg

Tomada de Componentes de instalación fotovoltaica (30)

2.2.6.7. El inversor

“Se encarga de convertir la corriente continua en corriente alterna, que es equivalente a la utilizada en la red: 200 V de valor eficaz y frecuencia 50 Hz” (30).

“Es un elemento imprescindible en las instalaciones conectadas a la red y aparecerá en la mayoría de las instalaciones autónomas, especialmente las que se utilizan para la electrificación del hogar” (30).

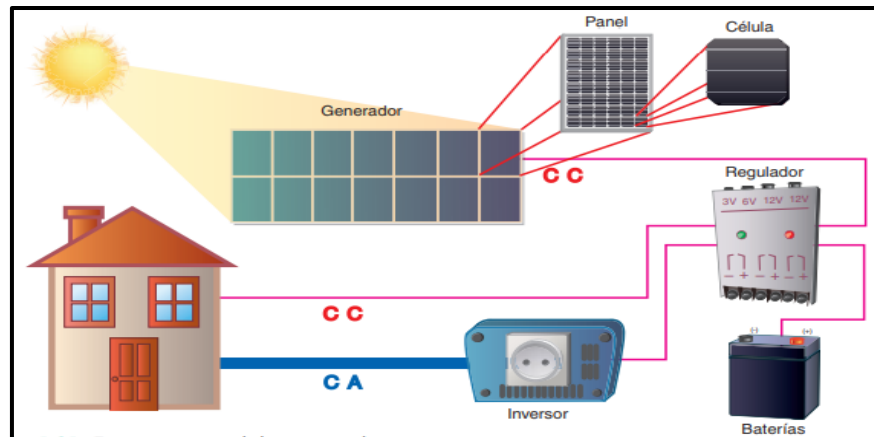


Figura 24. Esquema general de una instalación autónoma con inversor. Tomada de Componentes de instalación fotovoltaica (30)

(Doig 2012) define que, “Las características deseables para un inversor DC-AC se pueden resumir de la siguiente manera” (30):

- “Alta eficiencia: debe funcionar bien para un amplio rango de potencias
- Bajo consumo en vacío: cuando no hay cargas conectadas
- Alta fiabilidad: resistencia a los picos de arranque
- Protección contra cortocircuitos
- Seguridad
- Buena regulación de la tensión y frecuencia de salida: debe ser compatible con la red eléctrica” (30).

Sistema de compensación

La potencia reactiva es uno de los conceptos más incomprendidos de la electricidad. Por definición, la energía activa es energía eléctrica que realiza un trabajo activo, como llevar luz a una bombilla y hacer girar el eje de un motor para proporcionar electricidad. La potencia reactiva es un misterioso componente eléctrico exclusivo de los sistemas de corriente alterna (AC). El voltio-amperio reactivo (VAR) es una medida de la cantidad de corriente que forma el componente reactivo. El componente VAR del sistema eléctrico está desfasado con el componente real y, por lo general, se retrasa con respecto al flujo de energía activa. Se

requiere VAR para mantener el campo magnético en el transformador y los devanados del motor.

El componente VAR de un sistema eléctrico de corriente alterna a menudo se denomina parte inútil del circuito de alimentación. Si es análogo a un vaso de cerveza, el poder activo es cerveza y el poder reactivo es espuma. Menos espuma significa más cerveza para los clientes: lo mismo ocurre con los sistemas de energía, menos VAR significa más energía útil y mejor rendimiento.

El valor de medición de VAR está determinado por el factor de potencia del sistema eléctrico. La clasificación estándar de varios equipos eléctricos es un factor de potencia rezagado de 0,8. Esto significa que la relación de voltios-amperios (VA) activos es del 80%. Técnicamente hablando, en álgebra, la relación entre la potencia y la potencia aparente total o factor voltaico es el coseno igual a 0,80. Además, el flujo de potencia total, voltios-amperios (VA) se deriva de la raíz cuadrada de $(W)^2 + (VAR)^2$.

2.2.7. Temperatura en el panel fotovoltaico

“Si considera instalar paneles fotovoltaicos en el techo, esta es una consideración muy importante. Da la casualidad de que según se acrecienta la temperatura ambiente, menor es la potencia de salida del módulo fotovoltaico” (30).

Es decir, los paneles solares funcionan de manera más eficiente, o lo mismo es que cuanto mayor es la proporción de radiación solar que reciben en electricidad, menor es la temperatura que pueden soportar.

Este fenómeno se denomina coeficiente de temperatura y siempre se refleja en las especificaciones técnicas de todos los paneles solares vendidos en la actualidad.

2.2.7.1. Curva característica

En la primera imagen, se puede ver que en las mismas condiciones de radiación, a medida que aumenta la temperatura, el rendimiento del panel también disminuirá.

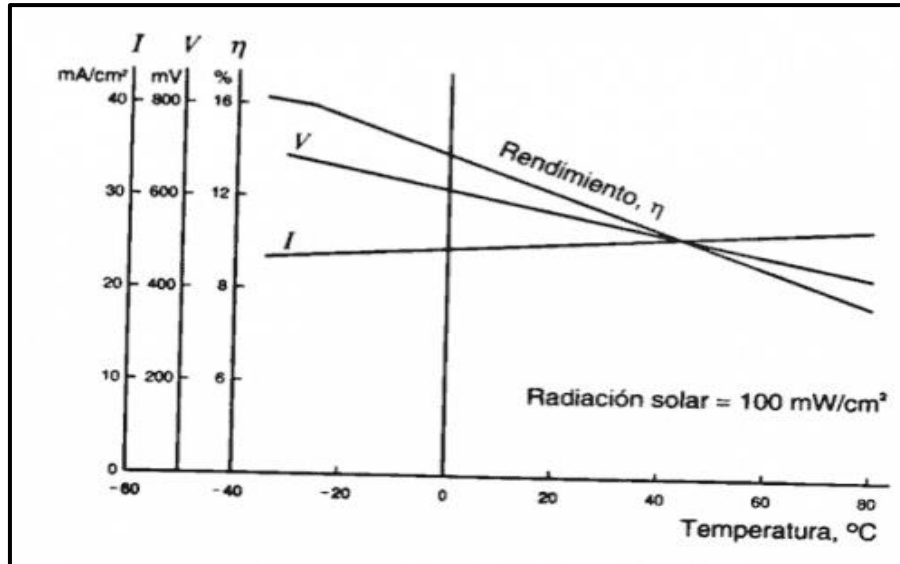


Figura 25. Curva de como baja el rendimiento del panel solar al aumentar la temperatura. Tomada de <https://www.sfe-solar.com/>

2.2.7.2. Efecto en el panel fotovoltaico

También se pueden mirar desde otro ángulo las siguientes dos imágenes, la primera es la corriente y voltaje del panel solar a 25 °C y 1kW / m², la segunda es el mismo panel solar, pero a 50 °C, hay la misma radiación, 1kW / m².

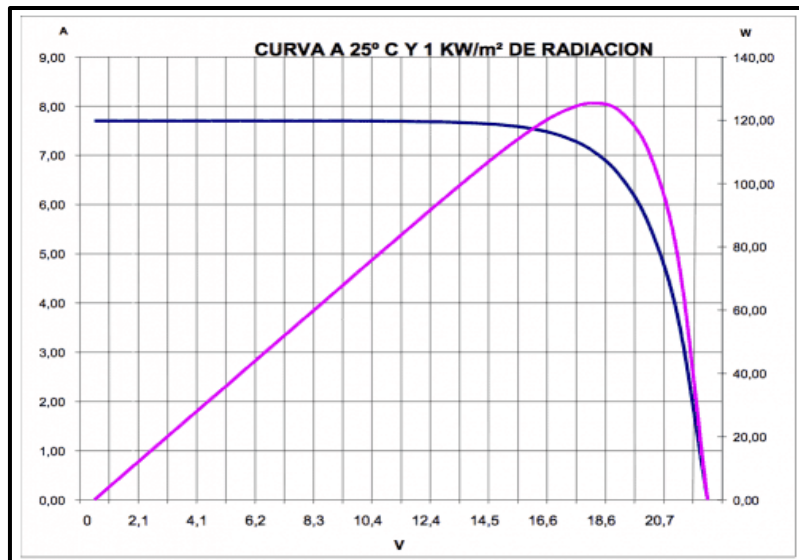


Figura 26. Curva de generación de panel solar a 25 °C. Tomada de solar-energía.net

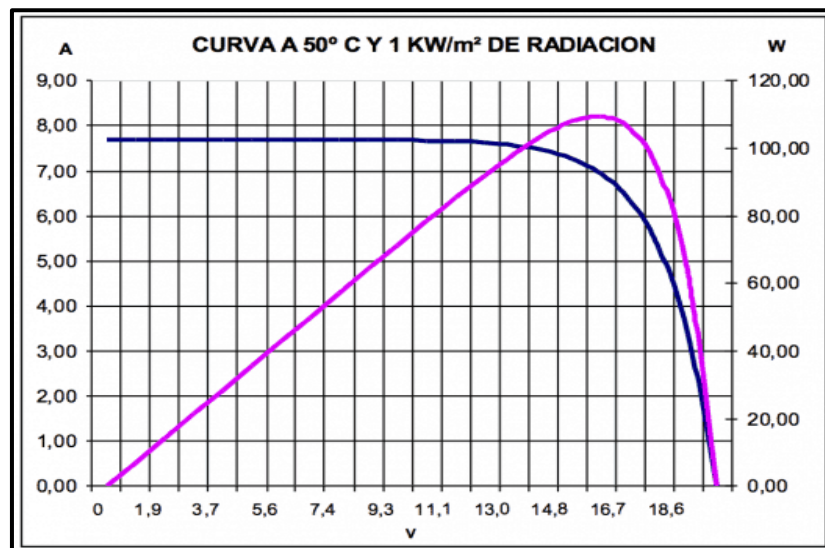


Figura 27. Curva de generación de panel solar a 50 °C. tomada de solar-energía.net

Se puede ver, claramente, que la corriente permanece casi sin cambios en ambos casos, pero la tensión se reduce mucho a 50 °C, por lo que la potencia generada por el panel ($P = V * I$) también se ve afectada y reducida.

2.2.8. Normativas

- Reglamento de la Ley N.º 28749, Ley General de Electrificación Rural - Decreto Supremo N.º 025-2007-EM
- Ley N.º 27744-Ley de Electrificación Rural y de Localidades Aisladas y de Frontera (31 de mayo de 2002).

- Resolución Directoral N.º 203-2015-MEM/DGE-Especificación Técnica para Sistema Fotovoltaico y sus componentes para Electrificación Rural (24 de setiembre de 2015)
- Norma Técnica Peruana N.º 399.403:2006 –Sistemas Fotovoltaicos hasta 500 Wp. Especificaciones Técnicas y Método para la Calificación Energética de un Sistema Fotovoltaico (6 de marzo de 2006).

2.2.9. Sistema de *open hardware*

“Es un término que se origina en el contexto del desarrollo de software y se refiere a una tecnología que tiene un "código abierto", es decir, cualquiera puede usarla, modificarla o mejorarla” (21).

Según (Córdova 2018) sostiene que, “Fundamentalmente, brinda a los usuarios cuatro libertades: libertad para usar, investigar y modificar, y distribuir y redistribuir funciones mejoradas. De hecho, existen licencias para garantizarlos y brindar cobertura legal” (21).

Según (Córdova 2018) sostiene que, “El movimiento de hardware abierto o libre tiene como objetivo crear una gran biblioteca accesible para todos, ayudando a las empresas a recortar millones de dólares en trabajos de diseño iterativo” (21).

Según (Córdova 2018) sostiene que, “Dado que la lluvia de ideas de miles o millones de personas es más fácil que solo una empresa que posee el hardware intente que las personas interesadas comprendan cómo funciona el dispositivo electrónico, se hace, se programa y se pone en práctica: la idea de alianza con las empresas manufactureras, además, la programación se reducirá enormemente, por lo que se podrá evitar una gran cantidad de residuos electrónicos que contaminan el medio ambiente. Cuando se habla de hardware abierto, debe especificar el tipo de hardware del que está hablando” (21).

“El hardware abierto utiliza el mismo concepto para aplicarlos a su campo. Se trata de una propuesta casi tan antigua como el software

abierto, pero su uso no es tan sencillo. El diseño de hardware compartido es más complicado” (21).

2.2.10. Open software

Según (Arango 2014) define que, “Si bien existen diversas definiciones para *open software*, básicamente significa que los usuarios tienen la libertad para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, modificar y mejorar el software” (31). “Algunos autores lo denominan «*software libre*» (no significa software gratis), el cual tiene un contexto de libertad no de precio de hecho, existe la posibilidad de cobrar por el desarrollo y por la distribución de *software libre*, y existen muchos casos y modelos de negocio relacionados. “*software libre*” no significa “no comercial”. Un programa libre debe estar disponible para uso comercial, desarrollo y distribución comerciales” (30).

Según (Arango 2014) define que, “El desarrollo comercial del software libre ha dejado de ser inusual; el software comercial libre ha venido en aumento” (31).

Según (Arango 2014) define que, “En la práctica, “*software libre*” y “código abierto” significan y expresan cosas diferentes. Hay quien denomina al *software libre* como “código abierto” o “software de fuentes abiertas” (“*open source*” *software*). Aunque se puedan referir a programas similares, la idea que proyecta el término “abierto” no incluye los valores y derechos relacionados con la libertad. La palabra “libre” se refiere a esa libertad y, por lo tanto, es un término más adecuado” (31).

2.2.11. Arduino Uno

“Arduino es una placa de hardware gratuita, que consta de un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembra que se pueden conectar a sensores y actuadores; se utiliza software gratuito y multiplataforma que debe instalarse en la computadora, y escriba mediante conexión USB, por lo que se debe verificar y cargar en la memoria del microcontrolador; hay un lenguaje de programación libre que

implementa elementos similares a otros lenguajes de programación” (32).

Microcontrolador	Atmega 328p
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada	6 – 20V
E/S digitales	14 (de las cuales 6 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	6
Corriente continua para E/S	20 mA
Memoria flash	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Frecuencia de operación	16 MHz

Tabla 8
Especificaciones técnicas de Arduino

Tomada de Controlador lógico programable (20)

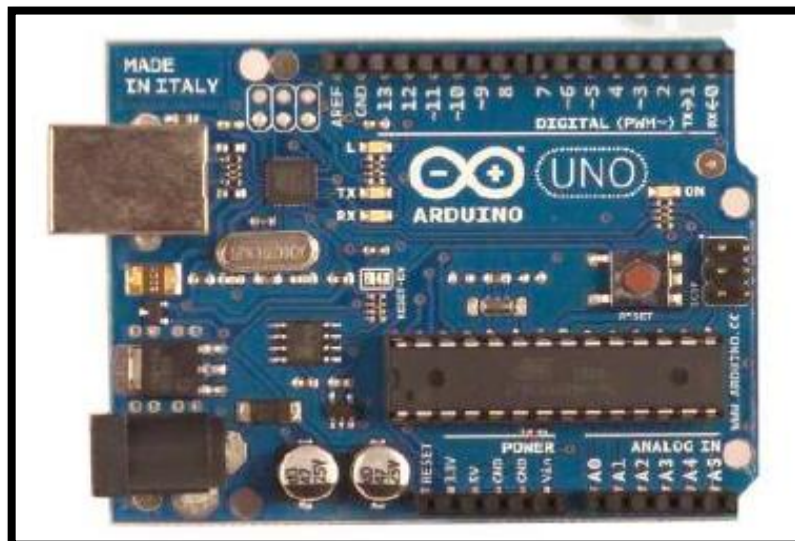


Figura 28. Vista superior de un Arduino Uno. Tomada de Prototipo de un sistema de vigilancia (33)

2.2.11.1. Placa Arduino Uno R3

(Arduino 2014) define que, “Arduino Uno R3 es la versión que se utiliza en el proyecto, es un modelo USB de la placa Arduino. La placa se compone de un microcontrolador del modelo ATmega328P

de la marca Atmel. La placa se compone de 14 pines digitales de entrada/salida y 6 tienen la característica de salida PWM, 6 entradas analógicas, un conector de alimentación, una interface USB, un encabezado ICSP y un botón de reinicio” (34).

(Arduino 2014) sostiene que, “La placa puede usar energía de una conexión USB o de una fuente de alimentación externa, funciona con un voltaje de 5V, el voltaje de entrada recomendado es de 7 a 12 V y el límite es de 6 a 20 V, el microcontrolador ATmega 328P cuenta con tres memorias que permiten ingresar programas y ejecutarlos” (34).

Tabla 9
Memorias del microcontrolador ATmega 328P

Memorias en el microcontrolador ATmega328P		
Memoria flash	Memoria SRAM	Memoria EEPROM
El programa se almacenará permanentemente hasta que se produzca la reescritura.	Memoria volátil, que almacena los datos necesarios para crear u operar el programa correctamente en ese momento.	Memoria persistente, incluso si el microcontrolador está apagado, los datos se guardarán para el próximo reinicio
Capacidad es de 32KB	Capacidad de 2kb	Capacidad de 1KB

Tomada de Prototipo de un sistema de vigilancia (33)

(Arduino 2014) define que, “La tarjeta Arduino Uno R3 incluso añade pins SDA y SCL cercanos al AREF. Es más, hay dos nuevos pines cerca del pin *Reset*. Uno es el IOREF, que permite a los *shields* adaptarse al voltaje brindado por la tarjeta. El otro pin no se encuentra conectado y está reservado para propósitos futuros. La tarjeta trabaja con todos los *shields* existentes y podrá adaptarse con los nuevos *shields* utilizando esos pines adicionales” (34).

(Arduino 2014) define que, “El Arduino es una plataforma computacional física *open source* basada en una simple tarjeta de I/O y un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje *processing / wiring*. El Arduino Uno R3 puede ser utilizado para desarrollar objetos interactivos o puede ser conectado a software de

tu computadora (por ejemplo, *Flash*, *Processing*, *MaxMSP*). El IDE *open source* puede ser descargado gratuitamente actualmente para *Mac OS X*, *Windows* y *Linux*” (34).

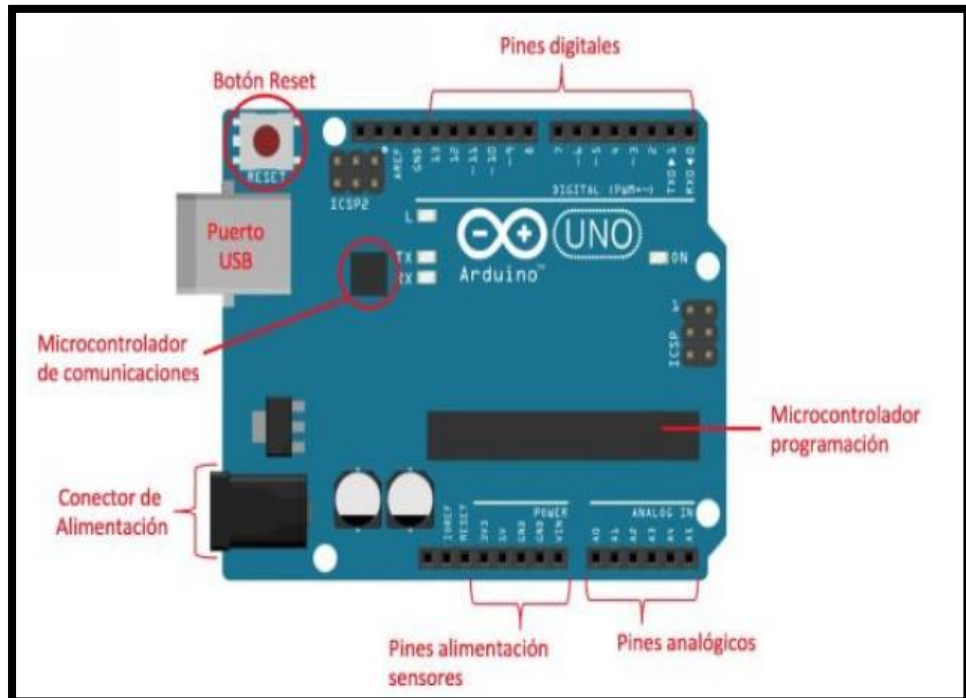


Figura 29. Placa Arduino Uno R3. Tomada del artículo “Aprende Arduino en un fin de semana”

2.2.11.2. Componentes placa de Arduino

Atmega

“Un circuito de monitoreo y protección para aplicaciones de 1-celda y 2 celdas Li-ion que requieren alta seguridad y autenticación, monitoreo preciso, bajo costo y alta utilización de la energía celular” (35). “El microcontrolador incluye memoria de programa de flash de autoprogramación de 8KB, SRAM6 de 512 bytes, memoria estática de acceso aleatorio, o RAM estática, para denominar a un tipo de tecnología de memoria RAM basada en semiconductores, capaz de mantener los datos, mientras siga alimentada, sin necesidad de circuito de refresco. Este concepto surge en oposición al de memoria DRAM, RAM dinámica, con la que se denomina al tipo de tecnología RAM basada en condensadores, que sí necesita refresco dinámico de sus cargas” (34).

Existen dos tipos: “volátiles y no volátiles, cuya diferencia estriba en si los datos permanecen o se volatilizan en ausencia de alimentación eléctrica, EEPROM7 de 256 bytes memoria de solo lectura programable y borrable eléctricamente. Chip de memoria que retiene su contenido sin energía” (34). “Puede borrarse, tanto dentro del computador como externamente. Por lo general requiere más voltaje para el borrado que el común de +5 voltios usado en circuitos lógicos. Funciona como RAM no volátil, pero grabar en EEPROM es mucho más lento que hacerlo en RAM, 1 o 2 células en serie, protección contra sobre corriente, alta corriente y cortocircuito, convertidor A / D de 12 bits, convertidor A / D de corriente continua de 18 bits y una interfaz *debugWire* para depuración en el chip” (31).

El dispositivo cuenta con protección de batería autónoma durante la carga y la descarga, y soporta mediciones de corriente acumuladas muy precisas utilizando un ADC de 18 bits con una resolución de 0.84 V. También soporta hasta 4 MIPS de rendimiento a 4 MHz. Operación de 1.8 – 9 V.

Sus características principales son:

- 14 pins de E/S digital
- 6 pins de E/S analógica (A/D y PWM)
- Comunicación serial

Puertos USB10

“El Bus Universal en Serie BUS en inglés: Universal Serial Bus, o USB para abreviar, es un bus estándar de la industria que define los cables, conectores y protocolos utilizados en el bus para la conexión, comunicación y suministro de energía entre computadoras, dispositivos periféricos y dispositivos electrónicos” (35).

“Su desarrollo comenzó con un grupo de empresas de la industria que buscaban unificar las formas en que los dispositivos periféricos se conectaban a las computadoras. En ese momento, no eran compatibles entre sí, entre ellos *Intel, Microsoft, IBM, Compaq, DEC, NEC. y Nortel*” (35).

La primera especificación completa 1.0 fue lanzada en 1996, pero en 1998 con la especificación 1.1 comenzó a ser ampliamente utilizada.

USB se utiliza como estándar para conectar dispositivos periféricos, como:

Teclado, mouse, unidad flash USB, escáner, cámara digital, teléfono móvil, reproductor, multimedia, impresora, dispositivo multifunción, sistema de adquisición de datos, módem, tarjeta de red, tarjeta de sonido, tarjeta sintonizadora de TV y quemador de DVD externo, disco duro externo y externo de rayos azules.

Su éxito es completo, transfiriendo conectores como el puerto serie, puertos paralelos, puertos de juegos, *Apple Desktop Bus* o *PS / 2* a mercados especializados o considere eliminar los dispositivos obsoletos de las computadoras modernas, ya que muchos de ellos pueden implementarse como reemplazo del dispositivo USB del conector.

Pines digitales

“Los pines digitales son las conexiones digitales de los dispositivos conectados en la placa. La placa Arduino tiene 14 pines digitales, que van de 0 a 13” (34).

“Una señal digital solo puede tener dos estados” (34):

- “0 (LOW, bajo, false): indica 0 V de tensión enviados desde la placa” (34).
- “1 (HIGH, alto, true): indica 5 V de tensión enviados desde la

placa" (34).

Por lo tanto, cuando configuramos el pin digital en un nivel alto, la placa proporciona un voltaje de 5 V a través de la salida designada, si se configura el valor en un nivel bajo, proporcionará un voltaje de 0 V. (**Nota:** debe recordarse que 5 V no siempre es 5 y 0 no siempre es 0).

Los pines digitales Arduino se pueden usar para entrada y salida.

Pines analógicos

El pin analógico puede medir una serie de valores de voltaje, mientras que el pin digital solo puede comprender dos valores: 0-1, o el mismo valor, 0 V o 5 V. Usando pines analógicos, se puede leer el valor intermedio entre 0 V y 5 V, expresado como un valor entero entre 0 y 1023, debido a que la información está representada por un número de 10 bits, también se puede escribir en el pin valor entre 0 y 255, porque la información está representada por 8 dígitos.

“Se habla de los pines digitales en el último punto. Si los miras, verás que aparecen algunos símbolos "~" en la placa. Este símbolo indica que también se pueden usar como pines analógicos” (34).

Pines alimentación sensores

“Además de los pines de entrada y salida anteriores, Arduino también tiene algunos pines que nos permiten suministrar energía a componentes externos, especialmente uno de 5 V y otro de 3.3 V” (34).

También hay clavijas de tierra (GND).

Microcontroladores

Comunicaciones:

(Arduino 2014) define que, “el microcontrolador de comunicaciones se encarga de gestionar las comunicaciones con todo lo que se conecta a la placa” (34).

Programación:

(Arduino 2014) define que, “este componente de la placa es el cerebro de esta, es donde la placa almacena el programa que tiene que ejecutar y el que lo ejecuta” (34).

(Arduino 2014) define que, “El microcontrolador de la placa se programa utilizando el IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) de programación gratuito de Arduino. En los apartados siguientes se explica cómo instalarlo y como ponerlo a funcionar” (34).

Botón *Reset*:

(Arduino 2014) define que, “El botón *Reset* permite reiniciar el programa que se ha cargado en el microcontrolador interrumpiendo la ejecución actual. Ten en cuenta que no borra el programa que se ha cargado, únicamente lo reinicia” (34).

Conector de alimentación

(Arduino 2014) define que, “Arduino dispone de un puerto de alimentación externo que permitirá hacer funcionar la placa sin utilizar un ordenador. Debiendo tener en cuenta el no alimentar la placa con más voltaje del que soporta, ya que se podría dañarla. Lo recomendado es alimentarla entre 7 V y 12 V” (34).

2.2.11.3. Programación de un Arduino

“Para realizar la programación del Arduino, es necesario usar una computadora, no requiere de altas prestaciones y el software o programas de cómputo necesarios se encuentran disponibles en la red de manera gratuita” (13).

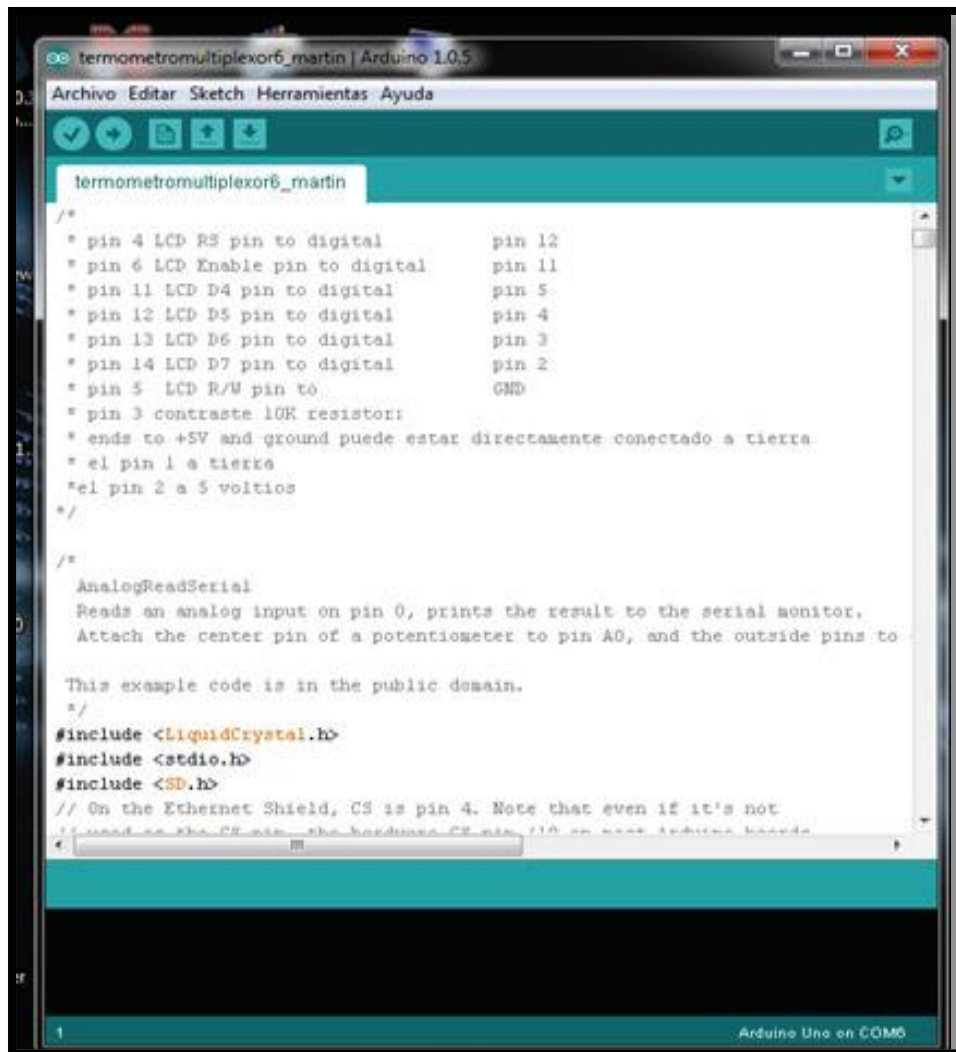


Figura 30. Ambiente de desarrollo de Arduino. Tomada de Sistemas de adquisición de datos (13)

El lenguaje de programación Arduino está basado en C / C ++, como se muestra en el sitio web oficial, cuenta con una gran cantidad de bibliotecas de libre acceso, lo que facilita enormemente las tareas de programación. El dispositivo está programado para calcular variables cada hora y mantener el sensor apagado cuando no se realizan mediciones, y se enciende medio minuto antes del inicio de la lectura a través de las instrucciones, y luego se apaga inmediatamente. La placa de circuito Arduino Uno siempre está encendida y utiliza una batería recargable de 12 voltios, para que el censo no se detenga y la información no se pierda si falla la alimentación de la red. Es necesario asignar las cuatro salidas digitales del Arduino Uno para poder indicar al multiplexor que los

16 canales de entrada disponibles se conectarán directamente a los canales de salida que serán de entrada a la entrada analógica de la placa Arduino Uno. Las otras cuatro salidas digitales se utilizan para el protocolo de conexión y el almacenamiento de datos en la memoria SD. Si no existe, el archivo creado se llama *datalog.txt*, que registra los datos convertidos en una cadena por el programa grabado en Arduino.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de la investigación

3.1.1. Método de la investigación

Se trata de un procedimiento riguroso de forma lógica que los investigadores deben seguir a la hora de adquirir conocimientos (36). En la investigación se adoptó el método científico, es decir, “a partir de la argumentación de la pregunta, se establece un conjunto de información, luego se proponen posibles respuestas, y estas respuestas se comparan y verifican” (36).

La investigación actual es un estudio **cuantitativo** porque tiene las características de medir fenómenos eléctricos.

3.1.2. Tipo de la investigación

El tipo de investigación es **experimental**, que se refiere a la profundidad de la solución esperada al problema de conocimiento. Para la encuesta actual se ha intentado realizar una encuesta que tenga en cuenta los conceptos previos sobre el tema de investigación, para lo cual se aplica el conocimiento previo. Cuando se busca utilizar procedimientos de seguridad adecuados para resolver el problema de incrementar la producción, se basa en una comparación de resultados. La implementación de este dispositivo tiene una clara diferencia de

trabajo en comparación con la capacidad de obtener energía fotovoltaica. Esto se desarrolló a través de la aplicación de conocimientos adquiridos en la Universidad Continental y en la escuela académico profesional de Ingeniería Electrónica, con eficiencia de estas células fotovoltaicas.

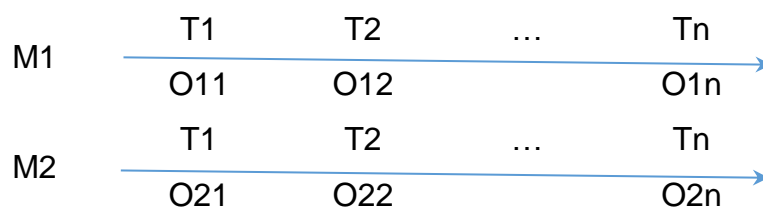
3.1.3. Nivel de la investigación

El propósito es aplicar el tema de la investigación que está funcionando o está en curso (37). Esta investigación, corresponde a la investigación **aplicada comparativa**, porque examinó las características más importantes de la ruta de investigación. Al implementar equipos que determinen los niveles de radiación y temperatura a través de puntos de referencia geográficos, estableciendo una relación comparativa entre la situación actual y la situación ante el sistema de compensación.

3.1.4. Diseño de la investigación

Se recopila información actualizada de múltiples muestras del mismo objeto de investigación y la caracteriza sobre la base de la comparación (37). Los diseños de investigación son de tipo **prospectivo, longitudinal y analítico**, y toman los objetos de investigación como muestras y los evalúan en diferentes momentos y dentro de un período de tiempo considerable.

Datos obtenidos de la implementación de equipos que determinan los niveles de radiación y temperatura a través de puntos de referencia geográficos. Experimental, porque el autor utilizó el funcionamiento del objeto al obtener los detalles de los datos, como se muestra a continuación:



Donde:

M1: muestra del resultado 1

M2: muestra del resultado 2

T1, T2, ..., Tn: periodos de tiempo en las que se trabaja la muestra

O11, O12, ..., O1n: observación de las variables de la muestra 1

O21, O22, ..., O2n: observación de las variables de la muestra 2

3.2. Población y muestra de la investigación

3.2.1. Población

En la siguiente investigación se desarrolló en:

Tabla 10

La población está definida por el área de investigación

Lugar	Altitud	Coordenadas
Provincia de Huancayo	3249 m s. n. m.	12°04'00"S 75°13'00"O

3.2.2. Muestra

A los efectos de esta encuesta, la muestra es un subgrupo de la población de la que se recolectan los datos, porque tiene como objetivo enfatizar la comparación de los datos obtenidos en varios puntos, donde se encuentran equipos para determinar los niveles de radiación y la temperatura de los puntos de referencia geográficos. implementado, y utilizando la no probabilidad o muestra conveniente para que pueda orientar el fenómeno a estudiar.

La investigación se realizó en la eficiencia de las células fotovoltaicas.

observación como principio de prueba para la parte de demostración del proceso de uso de reactores de núcleo saturado.

3.3.2. Instrumentos

Para variables independientes y variables dependientes, se utilizaron como herramientas registros, formatos de registros de observación, tablas de registros, etc. Procedimientos para recopilar datos de funcionamiento del equipo, determinar los niveles de radiación y temperatura a través de puntos de referencia geográficos. Obteniendo el siguiente registro en el software de Excel.

Tabla 12
Medición en el parque Huamanmarca

-	Día	Mes	Temporada	Hora	Minutos	Temperatura	Potencia	P. Neta	Caída(%)	Voltaje	Amperaje	Latitud	Longitud
*	17	10	2020	5	00	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	00	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	00	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	00	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	00	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	00	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	01	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	01	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	01	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	01	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	01	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	01	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	02	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	02	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	02	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	02	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	02	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	02	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	03	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	03	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	03	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	03	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	03	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	03	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	04	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	04	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	04	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	04	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	04	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	04	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	05	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	05	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208

*	17	10	2020	5	05	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	05	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	05	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	05	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	06	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	06	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	06	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	06	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	06	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	06	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	07	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	07	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	07	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	07	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	07	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	07	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208
*	17	10	2020	5	08	8	0	0	0	0	0	-12.071	-75.208

Tabla 13
Medición en la Universidad Continental

Na	Dia	Mes	Temporada	Hora	Minutos	Temperatura	Potencia	P. Neta	Caída(%)	Voltaje	Amperaje	Latitud	Longitud
*	17	10	2020	5	00	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	00	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	00	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	00	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	00	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	01	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	01	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	01	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	01	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	01	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	01	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	02	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	02	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	02	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	02	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	02	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	03	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	03	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	03	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	03	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	03	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	04	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	04	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	04	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	04	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2

*	17	10	2020	5	04	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	04	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	05	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	05	7.71	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	05	7.78	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	05	7.71	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	05	7.71	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	05	7.71	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	06	7.71	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	06	7.71	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	06	7.71	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	06	7.71	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	06	7.71	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	06	7.71	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	07	7.71	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	07	7.71	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	07	7.71	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	07	7.71	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	07	7.71	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	07	7.71	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2
*	17	10	2020	5	08	7.71	0	0	0	0	0	-12.05	-75.2

3.4. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Las pruebas se realizaron para verificar la fidelidad y estabilidad del sistema, quedando demostrado en los registros de los datos almacenados, siendo 24 horas de continuo funcionamiento y con un muestreo de cada 10 segundos en dos puntos georreferenciados.

Para el análisis de datos se utilizó el software de hojas de cálculo *Microsoft Excel* ya permite realizar multitareas gracias a sus funciones, además facilita la presentación de datos en tablas y gráficos.

Se utilizó la función MAX y MIN para indicar cuál es el valor pico máximo y pico mínimo, de la irradiancia y temperatura respectivamente, también se utilizó la función BUSCAR para ubicar los valores MAX y MIN de la tabla Excel y como resultado devuelve la hora en que se muestran estos valores.

Se utilizó la función GRÁFICOS para representar de forma gráfica los datos de la irradiancia respecto al tiempo que permite hacer una comprobación de manera visual.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

4.1. Identificación de requerimientos

4.1.1. Diseño del medidor de irradiancia solar con registro de datos Plataforma libre acceso Arduino

El lenguaje de programación utilizado en el proyecto se desarrolló utilizando la plataforma de libre acceso de Arduino en su entorno de desarrollo integrado – IDE, siendo una aplicación multiplataforma para los sistemas operativos de Windows, Linux y macOS, siendo escrito en el lenguaje de programación Java. Las placas de Arduino son compatibles con este lenguaje de programación. Asimismo, el IDE de Arduino utiliza los lenguajes de C y C++ teniendo en cuenta sus reglas primordiales de estructuración de códigos fuente. Para esta investigación se utilizaron librerías de los sensores, declaración de los objetos, declaración de pines y declaración de variables.

4.1.2. Diagrama de flujo del proyecto

El diagrama de flujo del proyecto se presenta de la siguiente manera:

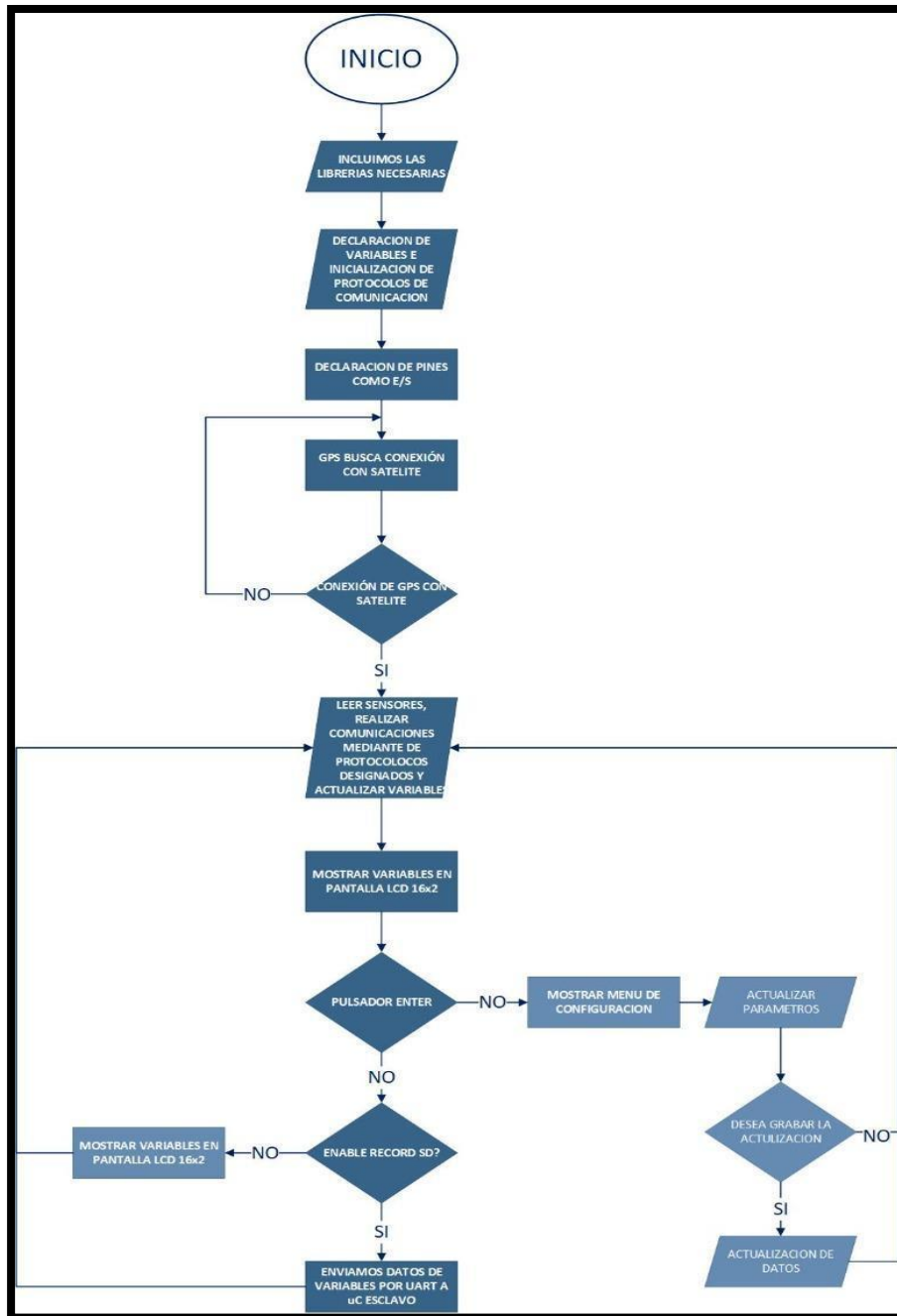


Figura 32. Diagrama de flujo del proyecto de tesis

4.1.3. Componentes y dispositivos electrónicos

- Pantalla LCD

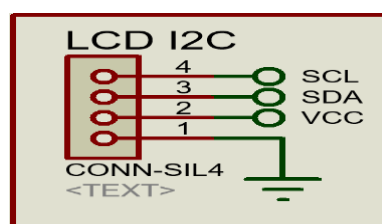


Figura 33. Pantalla LCD

Pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles donde mediante la programación se podrá visualizar los datos obtenidos del instrumento.

- **Modulo reloj**

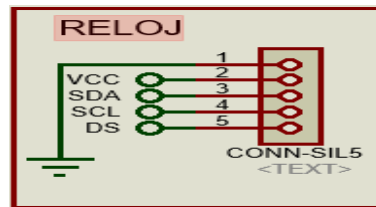


Figura 34. Módulo reloj

Es un circuito integrado que registra los días, fecha y hora en tiempo real.

- **Resistencia**

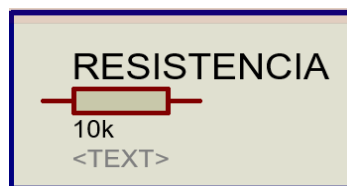


Figura 35. Resistencia

Limitar la corriente que circula por un circuito, dividiendo la tensión a través de la misma resistencia.

- **OPAM**

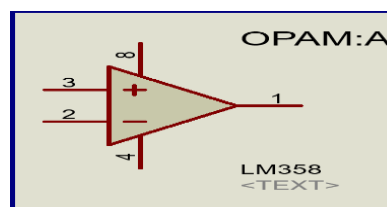


Figura 36. OPAM

Su función es amplificar el voltaje con una entrada de tipo diferencial para tener una salida amplificada.

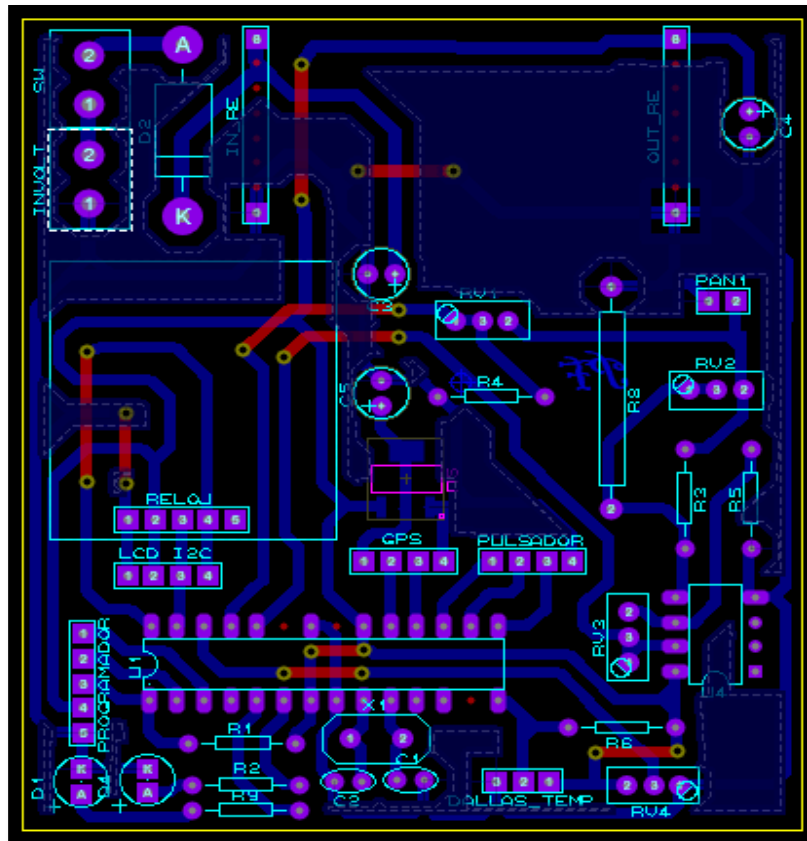


Figura 39. PCB placa 1

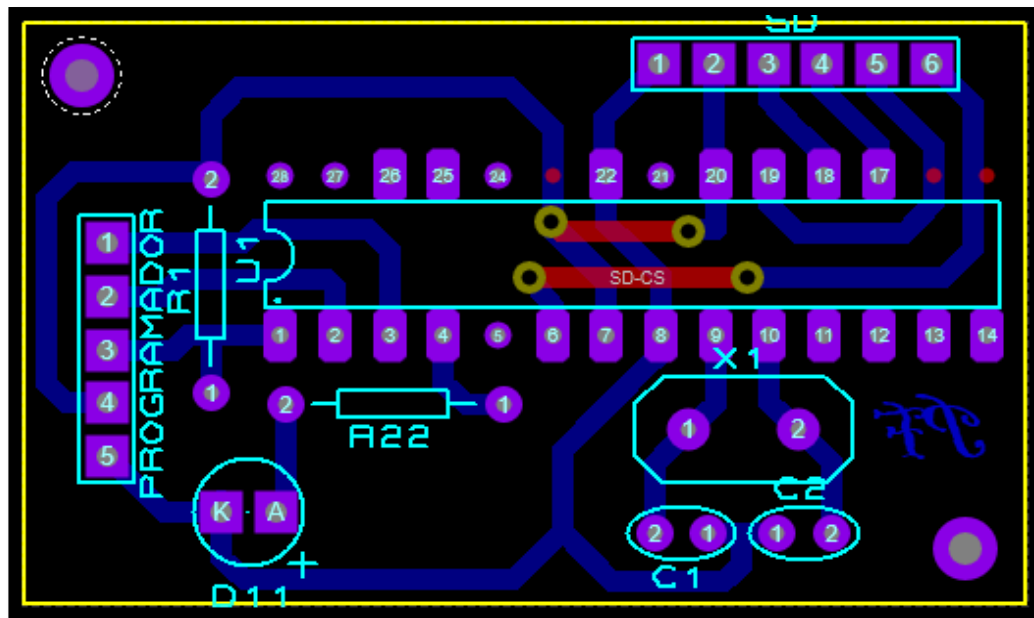


Figura 40. PCB placa 2

La programación y funcionamiento del prototipo para recolectar los datos reales, se realizó a través de la programación en la placa de

desarrollo Arduino, donde se ha usado el entorno de desarrollo integrado de la plataforma Arduino para desarrollo de la programación.

El código de la programación está declarado por las siguientes librerías variables y funciones más importantes que a continuación se detallan:

- `#include <EEPROM.h>` → se declaró para grabar los datos cada cierto tiempo, asimismo calibrar el sensor de temperatura.
- `#include <LiquidCrystal_I2C.h>` → se declaró para la pantalla con el módulo I2C.
- `#include <SoftwareSerial.h>` → se declaró para aumentar la programación o sensores.
- `#include <DallasTemperature.h>` → se declaró para el sensor de la temperatura.
- `#include "RTClib.h"` → se declaró el módulo reloj.
- `#include TinyGPS gps` → se declaró el GPS.
- `#define led1 3` → se declaró pines usados.
- `#define led2 4` → se declaró pines usados.
- `#define pul1 9` → se declaró pines usados.
- `#define pul2 10` → se declaró pines usados.
- `#define pul3 11` → se declaró pines usados.
- `void setup() {`
 `serialgps.begin(9600);`
 `serial.begin(19200);` → esta función permite hacer la comunicación UART 9600 baudios con el microcontrolador SD.
`}`
- `void loop() {`
 `var_mode=0;`
 `lcd.clear();`
 `mostrar_enable_sd(15,1)` → esta función permite mostrar en la pantalla si está en estado enable/disable para el modo de grabación de la SD.
 `while(menu_valor==0)` → esta función es el bucle para el funcionamiento y grabación de los datos.
`}`

- **if(EEPROM.read(dir_enable_sd)==1)** → esta función condicional permite verificar si está habilitada la dirección para grabar en la SD.
- **else if(tiempos[var_tempo]>30)** → esta función condicional es para los intervalos de tiempo en minutos para la grabación de los datos.
- **while (menu_var==1)** → esta función es el bucle que mostrará el menú que contiene el módulo datalogger.
- **void mostrar_parametros()** → esta función permite visualizar los parámetros como Watts, temperatura, hora, fecha y coordenadas GPS.

A continuación, se incluye el desarrollo de la programación


```

else if((digitalRead(pul2)==0) &&
(menu_mov==5)){delay(300);
menu_valor=5;
}
}
lcd.clear();

var_tempo=EEPROM.read(dir_inter
_tiempo);
while(menu_valor==2){
  modificar_intervalo();
}
var_mode=0;
lcd.clear();
menu_mov=1;
button_cambio=0;

var_offset_temp=EEPROM.read(dir
_offset_temp);
while(menu_valor==3){
  calibrar_temp();
}
var_mode=0;
lcd.clear();
menu_mov=1;
button_cambio=0;

micro_sd_enable=EEPROM.read(dir
_enable_sd);
if(micro_sd_enable==0){var_sd=0;}
if(micro_sd_enable==1){var_sd=1;}
while(menu_valor==4){
  enable_micro_sd_cambiar();
}
var_mode=0;
lcd.clear();
while(menu_valor==5){
  actualizar_data();
}
}
void leer_watts(){
  adc_volt=analogRead(A2);
  adc_corr=analogRead(A1);
  volt=((5.0/1023)*adc_volt)*10.0-
  1.0;

  corr=((5.0/1023)*adc_corr)*100.0
  -8.0;
  corr=(corr/2)/1000;
  potencia=volt*corr;
  if(volt<=0){volt=0.0;}
  if(corr<=0){corr=0.0;}
  if(potencia<=0){
    potencia=0.0;
  }
}
void watts(){
  lcd.setCursor(7,1);
  lcd.print(" ");
  if(potencia>=10.0){
    lcd.setCursor(9,1);
    lcd.print(potencia,1);
  }
  else if(potencia<10.0){
    lcd.setCursor(9,1);
    lcd.print(" ");
  }
}

void calibrar_temp(){
  if((digitalRead(pul1)==0) &&
(digitalRead(pul3)==0)){delay(500);
menu_valor=0;}
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("AJUSTAR TEMPERAT");

  if(offset_temp[var_offset_temp]>=
  0.0){
    lcd.setCursor(1,1);
    lcd.print("+");
    lcd.setCursor(2,1);

    lcd.print(offset_temp[var_offset_te
    mp]);
  }
  else
  if(offset_temp[var_offset_temp]<0.
  0){
    lcd.setCursor(1,1);

    lcd.print(offset_temp[var_offset_te
    mp]);
  }
  button_act(var_offset_temp);
  var_offset_temp=button_var;
  if(var_offset_temp<=0){var_offset_t
  emp=0;}
  if(var_offset_temp>=40){var_offset
  _temp=40;}
  temp_offset=offset_temp[var_offse
  t_temp];
  sensors.requestTemperatures();
  temp =
  sensors.getTempCByIndex(0);
  temp=temp+temp_offset;
  lcd.setCursor(9,1);
  lcd.print(temp,1);
  lcd.setCursor(13,1);
  lcd.print((char)223);
  lcd.setCursor(14,1);
  lcd.print("C");
  grabar_offset_temp();
}

void leer_pulsadores_menu1(){
  if(digitalRead(pul2)==0){delay(250);
  menu_valor=1; pulsadores=1;}
  if(digitalRead(pul1)==0){ /
    delay(200);
    var_mostrar_pantalla=!var_mostrar
    _pantalla;
  }
  if(digitalRead(pul3)==0){
    delay(200);
    var_mostrar_pantalla=!var_mostrar
    _pantalla;
  }
}

void leer_temperatura(){
  var_offset_temp=EEPROM.read(dir
_offset_temp);
  temp_offset=offset_temp[var_offse
  t_temp];
  sensors.requestTemperatures();
  temp =
  sensors.getTempCByIndex(0);
  temp=temp+temp_offset;
  void mostrar_temperatura(){
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(" ");
    lcd.setCursor(1,1);
    lcd.print(temp,1);
    lcd.setCursor(5,1);
    lcd.print((char)223);
    lcd.setCursor(6,1);
    lcd.print("C");
  }

  void gps_lectura(){
    while(serialgps.available()) {
      int c = serialgps.read();
      if(gps.encode(c) {
        digitalWrite(led2,1);
        i=1;
        latitude, longitude=0;
        gps.f_get_position(&latitude,
        &longitude);
        latitud=latitude;
        longitud=longitude;
        gps.stats(&chars, &sentences,
        &failed_checksum);
      }
    }
  }

  void mostrar_gps(){
    lcd.setCursor(5,0);
    lcd.print(latitud,5);
    lcd.setCursor(14,0);
    lcd.print(" ");
    lcd.setCursor(5,1);
    lcd.print(longitud,5);
    lcd.setCursor(14,1);
    lcd.print(" ");
  }

  void buscar_senial_gps(){
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("EXTRA DATOS GPS");
    gps_lectura();
    lcd.setCursor(3,1);
    lcd.print(" .. ");
    gps_lectura();
    delay(350);
    gps_lectura();
    lcd.setCursor(3,1);
    lcd.print(" .... ");
    gps_lectura();
    delay(350);
    gps_lectura();
    lcd.setCursor(3,1);
    lcd.print(" ..... ");
    gps_lectura();
    delay(350);
    gps_lectura();
    lcd.setCursor(3,1);
    lcd.print(" ..... ");
    gps_lectura();
  }
}

```

```

delay(350);
gps_lectura();
lcd.setCursor(3,1);
lcd.print(".....");
gps_lectura();
delay(700);
gps_lectura();
lcd.setCursor(3,1);
lcd.print(".....");
gps_lectura();
delay(350);
gps_lectura();
lcd.setCursor(3,1);
lcd.print(".....");
gps_lectura();
delay(350);
gps_lectura();
lcd.setCursor(3,1);
lcd.print(".....");
gps_lectura();
delay(350);
gps_lectura();
lcd.setCursor(3,1);
lcd.print(".....");
}
void retornar_por_tiempo(int
valor){
  HoraFecha = rtc.now();
  segundo=HoraFecha.second();
  valor_real_tiempo=valor/2+1;

if(segundo%2==0){if(bit_tiempo==0
){bit_act_conteo=1;
conteo_tiempo=conteo_tiempo+1;
bit_tiempo=1;}}
if(segundo%2!=0){bit_tiempo=0;}

if(conteo_tiempo>valor_real_tiem
po){
  conteo_tiempo=0;
}
}
void mostrar_parametros(){
  leer_watts();
  leer_temperatura();
  if(var_mostrar_pantalla==0){
  mostrar_data();
  mostrar_temperatura();

  watts();
  lcd.setCursor(13,1);
  lcd.print("W");
}
else if(var_mostrar_pantalla==1){
  retornar_por_tiempo(5);
  if(conteo_tiempo==0 &&
bit_act_conteo==1){var_mostrar_p
antalla=0; bit_act_conteo=0;}
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("LATI:");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("LONG:");
  mostrar_gps();
}
}
void grabar_sd(){
  while(digitalRead(pul2)==0){
    delay(200);

    button_cambio=button_cambio+1;
    if(button_cambio>=9){

EEPROM.update(dir_enable_sd,var
_sd);
  lcd.setCursor(3,1);
  lcd.print(" SAVE ");
}
}
void grabar_offset_temp(){
  while(digitalRead(pul2)==0){
    delay(200);

    button_cambio=button_cambio+1;
    if(button_cambio>=9){

EEPROM.update(dir_offset_temp,v
ar_offset_temp);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(" SAVE ");
  menu_valor=0;
}
}
}
void enable_micro_sd_cambiar(){
  grabar_sd();
  if(button_cambio>=9){
    menu_valor=0;
    button_cambio=1;
  }
  if(digitalRead(pul1)==0){
    delay(200);
    var_sd=!var_sd;
  }
  if(digitalRead(pul3)==0){
    delay(200);
    var_sd=!var_sd;
  }
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("HABILITAR SD:");
  if(var_sd==0){
    lcd.setCursor(3,1);
    lcd.print("DIS-ENABLE ");
  }
  if(var_sd==1){
    lcd.setCursor(3,1);
    lcd.print("ENABLE ");
    lcd.setCursor(13,1);
    lcd.write(byte(0));
  }
  if((digitalRead(pul1)==0) &&
(digitalRead(pul3==0))){delay(500);
  menu_valor=0;}}
void modificar_intervalo(){
  if((digitalRead(pul1)==0) &&
(digitalRead(pul3==0))){delay(500);
  menu_valor=0;}
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("INTERVALO TIEMPO");
  button_act(var_tiempo);
  var_tiempo=button_var;
  if(var_tiempo<=0){var_tiempo=0;}
}
}
if(var_tiempo>=9){var_tiempo=9;}
if(tiempos[var_tiempo]<10){
  lcd.setCursor(5,1);
  lcd.print("0");
  lcd.setCursor(6,1);
  lcd.print(tiempos[var_tiempo]);
  lcd.setCursor(8,1);
  lcd.print("seg");
}
}
if(tiempos[var_tiempo]>=10){
  if(tiempos[var_tiempo]==70){
    lcd.setCursor(5,1);
    lcd.print("15");
    lcd.setCursor(8,1);
    lcd.print("min");
  }
}
else if(tiempos[var_tiempo]==60){
  lcd.setCursor(5,1);
  lcd.print("10");
  lcd.setCursor(8,1);
  lcd.print("min");
}
}
else if(tiempos[var_tiempo]==50){
  lcd.setCursor(5,1);
  lcd.print("05");
  lcd.setCursor(8,1);
  lcd.print("min");
}
}
else if(tiempos[var_tiempo]==40){
  lcd.setCursor(5,1);
  lcd.print("02");
  lcd.setCursor(8,1);
  lcd.print("min");
}
}
else if(tiempos[var_tiempo]!=40){
  lcd.setCursor(5,1);
  lcd.print(tiempos[var_tiempo]);
  lcd.setCursor(8,1);
  lcd.print("seg");
}
}
}
grabar_intervalo();
}
void grabar_intervalo(){
  while(digitalRead(pul2)==0){
    delay(200);

    button_cambio=button_cambio+1;
    if(button_cambio>=9){

EEPROM.update(dir_inter_tiempo,v
ar_tiempo);
  lcd.setCursor(5,1);
  lcd.print(" SAVE ");
  menu_valor=0;
}
}
}
void menu_lcd(){

micro_sd_enable=EEPROM.read(dir
_enable_sd);
if(menu_mov<=1){
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("MENU DE OPCIONES");
  lcd.setCursor(2,1);
}
}
}

```

```

    lcd.print("Mostrar Parame");
  }
  if(menu_mov>1&&
menu_mov<=3){
  lcd.setCursor(2,0);
  lcd.print("Intervalo Grab");
  lcd.setCursor(2,1);
  lcd.print("Calibrar Tempe");
}
if(menu_mov==4){
  lcd.setCursor(2,0);
  lcd.print("Grab SD: ");
  lcd.setCursor(2,1);
  lcd.print("Cambiar Data");
  lcd.setCursor(14,1);
  lcd.print(" ");
  if(micro_sd_enable==0){
    lcd.setCursor(11,0);
    lcd.print("d_en ");
  }
  if(micro_sd_enable==1){
    lcd.setCursor(11,0);
    lcd.print(" en ");
  }
}
button_act(menu_mov);
menu_mov=button_var;
if(menu_mov<=1){menu_mov=1;}
if(menu_mov>=5){menu_mov=5;}
if(menu_mov==1){
mostrar parametros
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(">>");cambiar data
}
if(menu_mov==2 ||
menu_mov==4){
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print(">>");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(" ");
}
if(menu_mov==3 ||
menu_mov==5){
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print(" ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(">>");
}
}
void actualizar_data(){
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("ACTUALIZACION DE");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(" HORA - FECHA ");
  delay(1000);
  lcd.clear();
  HoraFecha = rtc.now();
  segundo=HoraFecha.second();
  minuto=HoraFecha.minute();
  hora=HoraFecha.hour();
  dia=HoraFecha.day();
  mes=HoraFecha.month();
  anio=HoraFecha.year();
  button_cambio=1;
  while(true){
    if((digitalRead(pul1)==0) &&
(digitalRead(pul3)==0)){delay(400);
menu_valor=0; break;}
    if(hora<10){
      lcd.setCursor(0,1);
      lcd.print("0");
      lcd.setCursor(1,1);
      lcd.print(hora);
    }
    else{
      lcd.setCursor(0,1);
      lcd.print(hora);
    }
    lcd.setCursor(2,1);
    lcd.print(":");
    if(minuto<10){
      lcd.setCursor(3,1);
      lcd.print("0");
      lcd.setCursor(4,1);
      lcd.print(minuto);
    }
    else{
      lcd.setCursor(3,1);
      lcd.print(minuto);
    }
    lcd.setCursor(5,1);
    lcd.print(" ");
    if(dia<10){
      lcd.setCursor(6,1);
      lcd.print("0");
      lcd.setCursor(7,1);
      lcd.print(dia);
    }
    else{
      lcd.setCursor(6,1);
      lcd.print(dia);
    }
    lcd.setCursor(8,1);
    lcd.print("/");
    if(mes<10){
      lcd.setCursor(9,1);
      lcd.print("0");
      lcd.setCursor(10,1);
      lcd.print(mes);
    }
    else{
      lcd.setCursor(9,1);
      lcd.print(mes);
    }
    lcd.setCursor(11,1);
    lcd.print("/");
    lcd.setCursor(12,1);
    lcd.print(anio);
    grabar();
    if(button_cambio==1){
      if(hora<0){hora=23;}
      if(hora>23){hora=0;}
      button_act(hora);
      hora=button_var;
      lcd.setCursor(0,0);
      lcd.print("vv");
      lcd.setCursor(2,0);
      lcd.print(" ");
    }
    if(button_cambio==2){
      if(minuto<0){minuto=59;}
      if(minuto>59){minuto=0;}
      button_act(minuto);
      minuto=button_var;
      lcd.setCursor(0,0);
      lcd.print(" ");
      lcd.setCursor(3,0);
      lcd.print("vv");
      lcd.setCursor(5,0);
      lcd.print(" ");
    }
    if(button_cambio==3){
      if(dia<1){dia=31;}
      if(dia>31){dia=1;}
      button_act(dia);
      dia=button_var;
      lcd.setCursor(0,0);
      lcd.print(" ");
      lcd.setCursor(6,0);
      lcd.print("vv");
      lcd.setCursor(8,0);
      lcd.print(" ");
    }
    if(button_cambio==4){
      if(mes<1){mes=12;}
      if(mes>12){mes=1;}
      button_act(mes);
      mes=button_var;
      lcd.setCursor(0,0);
      lcd.print(" ");
      lcd.setCursor(9,0);
      lcd.print("vv");
      lcd.setCursor(11,0);
      lcd.print(" ");
    }
    if(button_cambio==5){
      if(anio<2010){anio=2060;}
      if(anio>2060){anio=2010;}
      button_act(anio);
      anio=button_var;
      lcd.setCursor(0,0);
      lcd.print(" ");
      lcd.setCursor(12,0);
      lcd.print("vvv");
    }
    if(button_cambio>=6 &&
button_cambio<9){
      button_cambio=1;
    }
    if(button_cambio>=9){
      button_cambio=1;
      break;
    }
  }
}
void grabar(){
  while(digitalRead(pul2)==0){
    delay(200);
    button_cambio=button_cambio+1;
    if(button_cambio>=9){
      rtc.adjust(DateTime(anio, mes,
dia, hora, minuto, segundo));
      lcd.setCursor(0,0);
      lcd.print(" SAVE ");
      menu_valor=0;
    }
  }
}

```



```

}
}
void button_act(int var1){
  if(digitalRead(pul1)==0){
    delay(250);
    var1=var1-1;
  }
  // grabar era aqui
  if(digitalRead(pul3)==0){
    delay(250);
    var1=var1+1;
  }
  button_var=var1;
}
void mostrar_enable_sd(byte posi,
byte fila_p){

  micro_sd_enable=EEPROM.read(dir
_enable_sd);
  if(micro_sd_enable==0){
    lcd.setCursor(posi,fila_p);
    lcd.print(" ");
  }
  if(micro_sd_enable==1){
    lcd.setCursor(posi,fila_p);
    lcd.write(byte(0));
  }
}
/* DOS MICRONTROLADORES

* 01 MICRONTROLADOR
ATMEGA328P "" MAESTRO ""- es
para la función principal general.

* 01 MICRONTROLADOR
ATMEGA328P "" ESCLAVO "" - solo
sirve para leer los datos que manda
el maestro y escribir los datos.

* En la SD 50% de toda su memoria.
*/

void escribir_sd(){
  HoraFecha = rtc.now();
  segundo=HoraFecha.second();
  minuto=HoraFecha.minute();
  hora=HoraFecha.hour();
  dia=HoraFecha.day();
  mes=HoraFecha.month();
  anio=HoraFecha.year();
  String dato_sd = inicio_bit_emisor
+ "," + dia + "," + mes + "," + anio +
"," + hora + "," + minuto + "," + temp
+ "," + potencia + "," + volt + "," + corr
+ "," + latitud + "," + longitud;
  Serial.println(dato_sd);
}
void mostrar_data(){
  HoraFecha = rtc.now();
  segundo=HoraFecha.second();
  minuto=HoraFecha.minute();
  hora=HoraFecha.hour();
  dia=HoraFecha.day();
  mes=HoraFecha.month();
  anio=HoraFecha.year();
  if(hora<10){
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("0");
    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print(hora);
  }
  else{
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print(hora);
  }
  if(segundo%2==0){
    lcd.setCursor(2,0);
    lcd.print(":");
  }
  if(segundo%2!=0){
    lcd.setCursor(2,0);
    lcd.print(" ");
  }
  // minuto
  if(minuto<10){
    lcd.setCursor(3,0);
    lcd.print("0");
    lcd.setCursor(4,0);
    lcd.print(minuto);
  }
  else{
    lcd.setCursor(3,0);
    lcd.print(minuto);
  }
}

lcd.setCursor(5,0);
lcd.print(" ");
if(segundo<10){
  lcd.setCursor(4,0);
  lcd.print("0");
  lcd.setCursor(5,0);
  lcd.print(minuto);
}
else{
  lcd.setCursor(4,0);
  lcd.print(minuto);
}
}
if(dia<10){
  lcd.setCursor(6,0);
  lcd.print("0");
  lcd.setCursor(7,0);
  lcd.print(dia);
}
else{
  lcd.setCursor(6,0);
  lcd.print(dia);
}
}
lcd.setCursor(8,0);
lcd.print("/");
if(mes<10){
  lcd.setCursor(9,0);
  lcd.print("0");
  lcd.setCursor(10,0);
  lcd.print(mes);
}
else{
  lcd.setCursor(9,0);
  lcd.print(mes);
}
}
lcd.setCursor(11,0);
lcd.print("/");
lcd.setCursor(12,0);
    lcd.print(anio);
  }
  void bienvenida_lcd(){
    HoraFecha = rtc.now();
    anio=HoraFecha.year();
    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print("TIMEE SCIENCE");
    lcd.setCursor(6,1);
    lcd.print(anio);
    delay(2000);
  }
}

```

4.2. Análisis de la solución

4.2.1. Interfaz



Figura 41. Interfaz del prototipo

4.2.2. Definición de términos

- **Señal de entrada:** potencia radiante o cualquier otra magnitud fotométrica que pretendemos detectar o medir.
- **Señal de salida:** respuesta que tiene el instrumento al recibir la señal de entrada.
- **Señal de ruido:** señal no deseada que se une con la señal de entrada.
- **Señal luminosa:** señal de salida debida únicamente a la señal de entrada.
- **Tiempo de respuesta:** tiempo de reacción para que la señal de salida del detector transcurre desde que percibimos algo hasta que damos una respuesta en consecuencia.
- **Ethernet:** es la tecnología que permite la comunicación entre si a través de un protocolo.
- **Hora solar pico:** es la hora donde la medición fotovoltaica es mas alta en el periodo de un día.
- **Protocolo de comunicación:** conjunto de reglas y estándares que definen el intercambio de información entre dos dispositivos.
- **Tecnología GPS:** sistema de navegación satelital que permite conocer la posición del prototipo.
- **Base de datos:** es la información almacenada sobre la irradiación para después ser procesada.

4.3. Diseño

4.3.1. Implementación del medidor de irradiancia solar con registro de datos

Funcionamiento de la placa y Arduino

El prototipo utiliza una batería de 12v, 7AH, tiene un conector inferior y por el costado un pulsador para poder prender y apagar el prototipo.

Primero tiene que calibrarse el GPS y pasar a la configuración del sistema.

Luego de calibrarse el GPS como muestra la pantalla da a conocer los datos que reciben los sensores como la hora, fecha del día, también la temperatura y cuantos watts recibe en ese momento.



Figura 42. Vista de la pantalla LCD – Coordenadas en sistema decimal

Al presionar el botón (+) aparece los datos del GPS (latitud y longitud), presionado el botón menú se visualiza el menú de opciones.



Figura 43. Vista de la pantalla LCD – Menú de opciones

Al presionar (+) se puede visualizar para calibrar el intervalo de tiempo para almacenar el dato de la temperatura



Figura 44. Vista de la pantalla LCD – Intervalo de tiempo

Se puede prolongar para recabar los datos de la temperatura desde 10 segundos hasta 30 segundos por cada dato que almacenara de la temperatura, se presiona menú.



Figura 45. Vista de la pantalla LCD – Vista general

Al presionar el botón menú por un tiempo prolongado vuelve a los datos iniciales de hora, fecha temperatura y watt (pantalla inicial).



Figura 46. Vista de la pantalla LCD - Grabación

Se mantiene presionado el botón de MENU por un tiempo y se observa que se puede calibrar la temperatura, ya es de acuerdo al sensor que se está usando para poder calibrarlo.



Figura 47. Vista de la pantalla LCD – Calibrar temperatura

Como se visualiza en la pantalla al ajustar a +0.40 es el rango para que dé una temperatura de 34.9 °C, si se quiere que la temperatura sea 35.9 °C se ajustaría a +0.50, para salir de esta opción se presionan los botones de (-) y (+).



Figura 48. Vista de la pantalla LCD – Habilitar grabación en memoria SD

En esta función es donde se almacenan los datos en la plataforma (*enable*) o (*denable*) recabando los datos en la memoria microSD.

Se visualiza en la pantalla como una carpeta significa que está guardando la información recolectada por el instrumento en la memoria microSD.



Figura 49. Vista de la pantalla LCD – Configurar hora y fecha

En esta función se puede cambiar la hora y fecha de los intervalos de temperatura.



Figura 50. Sensor de temperatura

En la parte superior del instrumento de medición tiene un eje vertical donde se puede manejar el movimiento del panel solar, se visualiza una perilla en la imagen, al ajustar o desajustar se puede mover a 360° para una mayor optimización del instrumento.



Figura 51. Anclajes para estabilización

Se visualizan 3 anclajes donde al otro extremo lleva 3 estacas para más estabilidad del prototipo si se deja en alguna zona donde hay inclemencias atmosféricas.

CAPÍTULO V

CONSTRUCCIÓN

5.1. Construcción

5.1.1. Contribución de la tesis

Gracias al diseño e implementación de un medidor de irradiancia solar con registro de datos basado en arquitectura de código abierto se logró reducir la incertidumbre sobre la disponibilidad sostenible del recurso energético solar, con ello se puede realizar diversos estudios ambientales, energéticos y salud para poder analizar cualquier punto georreferenciado y analizar la data de acuerdo a las necesidades que se presentaran.

5.1.2. Comparación de datos con la tabla (patrón datalogger)

- **Lugares públicos**

Plaza Huamanmarca

Coordenadas: Lat.: -12.07 Long.: 75.208

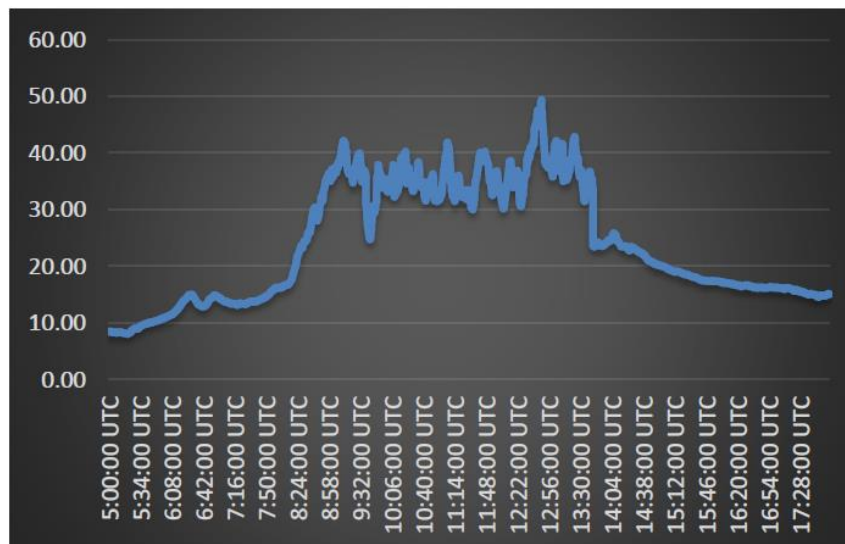
Intervalo de tiempo: 10 segundos

Inicio de medición: 5:00:00 UTC 25/10/2020

Fin de medición: 18:00:00 UTC 25/10/2020



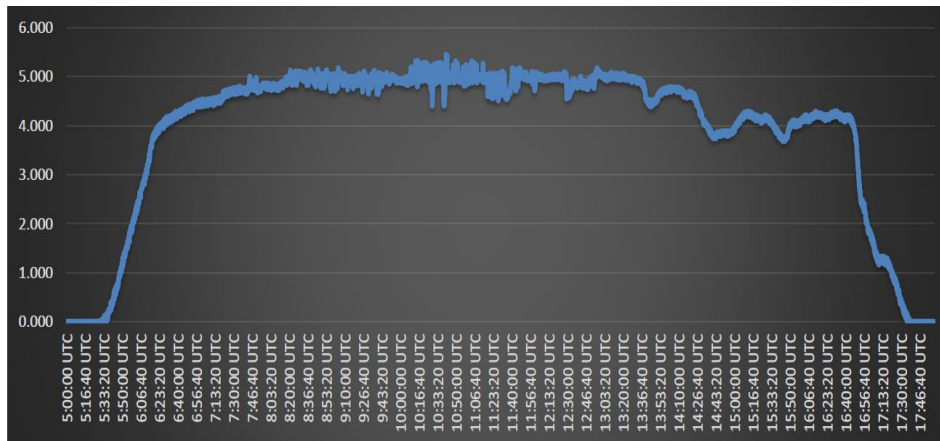
Irradiación máxima (W)	6.78 W	13:34:10 UTC
Irradiación mínima (W)	0.00 W	5:00:00 UTC
Tiempo de acumulación de la radiación	13:00:00 horas	



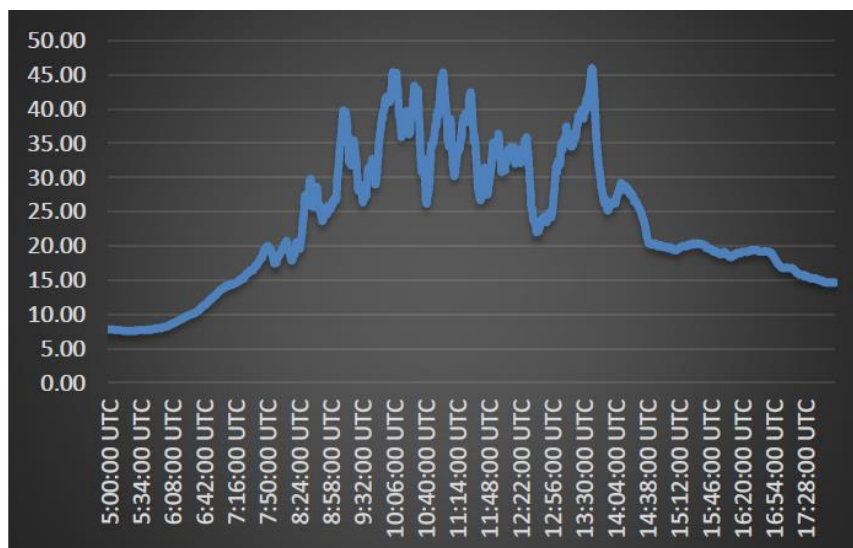
Temperatura máxima (°C)	49.34 °C	12:47:40 UTC
Temperatura mínima (°C)	8.02 °C	5:18:50 UTC

- Entidades privadas
- Universidad Continental

Coordenadas: Lat.: -12.05 Long.: 75.2
Intervalo de tiempo: 10 segundos
Inicio de medición: 5:00:00 UTC 17/10/2020
Fin de medición: 18:00:00 UTC 17/10/2020



Irradiación máxima (W)	5.44 W	10:41:10 UTC
Irradiación mínima (W)	0.00 W	5:00:00 UTC
Tiempo de acumulación de la radiación	13:00:00 horas	



TEMPERATURA MAXIMA (°C)	45.90 °C	13:38:40 UTC
TEMPERATURA MINIMA (°C)	7.53 °C	5:15:30 UTC

5.2. Pruebas y resultados

Revisando la hipótesis planteada al inicio de la tesis, también se puede concluir que se ha probado por completo lo planteado. Esto se debe a que:

El instrumento de medición de irradiación solar con registro de datos basado en arquitectura de código abierto **sí permite** reducir la incertidumbre sobre la disponibilidad sostenible del recurso energético solar.

El instrumento de medición de irradiancia solar con registro de datos basado en arquitectura de código abierto **sí permite** reducir la incertidumbre sobre la disponibilidad sostenible del recurso energético solar.

El instrumento de medición de irradiancia solar basado en arquitectura de código abierto **sí permite** para reducir la incertidumbre sobre la disponibilidad sostenible del recurso energético solar.

Discusión de resultados

De los resultados obtenidos en la presente tesis se puede apreciar que se logró diseñar un medidor de irradiancia solar con registro de datos basado en arquitectura de código abierto, donde se resaltaron los datos obtenidos por el panel solar y se analizó e investigó que la temperatura está inversamente proporcional con los resultados del voltaje, así que para compensar esta variación se armaron condiciones:

- A temperatura mayor que 15 °C se compensara el voltaje en un 2%.
- A temperatura mayor que 25 °C se compensara el voltaje en un 4%.
- A temperatura mayor que 35 °C se compensara el voltaje en un 6%.
- A temperatura mayor que 45 °C se compensara el voltaje en un 8%.

También se logró implementar un medidor de irradiancia solar con registro de datos basado en arquitectura de código abierto donde se observan en las imágenes del anexo.

Se realizaron mediciones en dos puntos: Plaza Huamanmarca y campus de la Universidad Continental, sede Huancayo, se obtuvieron datos de la temperatura e irradiación respecto al tiempo que duró la medición, estos datos se procesaron con ayuda del programa Microsoft Excel quien ayuda a armar la tabla de temperatura respecto al tiempo e irradiación respecto al tiempo, también a identificar los picos de temperatura e irradiación, gracias a los datos obtenidos se logra reducir la incertidumbre sobre la disponibilidad sostenible del recurso energético solar cumpliendo así con los objetivos propuestos al inicio de la tesis.

CONCLUSIONES

- Se logró la construcción e implementación de un medidor de irradiación solar, cumpliendo con los parámetros requeridos obteniendo la hora y fecha del día, la temperatura y cuantos watts recepcionados para luego pasar a una base de datos que se almacena en una tarjeta de memoria.
- Los datos que se adquieren del microcontrolador se realizan mediante la calibración del GPS donde el panel solar funciona como un sensor más en el prototipo logrando un sistema autónomo aprovechando esta energía y transformándola en algo útil, luego mostrando los datos que recepciona en la pantalla LCD.
- Se almacenan los resultados obtenidos en una memoria SD, estos datos se pueden almacenar en una computadora para poder ser utilizados en algún estudio de campo o comparar con la estación meteorológica Senamhi.

TRABAJOS FUTUROS

1. Desarrollo de irradiancia, par, termómetro e higrómetro portátiles

Este trabajo muestra el diseño, implementación y comparación de medidas portátiles de irradiancia, PAR, temperatura y humedad, y todos los componentes que forman parte del sistema. El instrumento será desarrollado por el Grupo de Energía Renovable (GER) de la Universidad Nacional de Nordeste. Contendrá sensores digitales que le permitirán medir la temperatura ambiente, la humedad relativa y sensores analógicos para determinar la irradiancia y los valores de PAR. Será portátil, tendrá 5 (cinco) días de autonomía, una pantalla mostrará las variables medidas y podrá registrar datos en una tarjeta SD que implemente la función de registrador de datos. Se desarrollará conjuntamente un software para leer y representar la cantidad medida en función del tiempo en la pantalla. En esta etapa de la investigación, habrá un prototipo funcional para la comparación en la etapa de prueba experimental final.

2. Un sistema de análisis y monitoreo de irradiancia solar portátil autónomo adecuado para áreas rurales o urbanas

La información de los parámetros ambientales es brindada por dos instituciones principales en Colombia, el IDEAM del Instituto de Hidrología, Meteorología y Medio Ambiente y la UPME del Departamento de Planeación Minero Energética; a nivel regional, se brindará información sobre alertas de cambio climático, especialmente en Ibagué, que proporcionará los valores más altos y mínimos de temperatura, nivel de evaporación, humedad, brillo solar y precipitación, se pueden solicitar a través de la página de visita del sitio web oficial o por correo electrónico. La estación de monitoreo implementada por IDEAM en la ciudad de Ibagué no mide la radiación solar o cambios que puedan estar relacionados con el cambio climático, influencias naturales (como nubosidad, sombras o cualquier otra perturbación). Esto último conducirá

a la necesidad de equipos o sistemas capaces de realizar dicho monitoreo con el fin de comprender el valor de la radiación solar en diferentes momentos del día; el desarrollo de otras prácticas en agricultura, ingeniería y otros campos o investigación en diferentes ramas (tales como la prevención de enfermedades causadas por la radiación solar, como el cáncer de piel).

Se presentará el proceso de diseño e implementación de un sistema que puede medir y monitorear la radiación solar a través de una topología maestro-esclavo. El sistema puede comprender el valor de la radiación solar de una región, ya sea urbana o rural, a través de una comunicación bidireccional. Se presentarán los resultados de medición obtenidos.

3. Diseño e implementación de un prototipo de radiómetro ultravioleta alimentado por paneles solares

El proyecto de tecnología se llevará a cabo durante el período 2022-2023, y se utilizará como medio de información visual e interactivo para la comunidad universitaria a través de los medios de la Red. Los medios se instalarán en el Bloque D de la universidad.

El objetivo del proyecto es concienciar a la comunidad universitaria de los prejuicios que provoca la exposición prolongada al sol. Para que la comunidad pueda tomar medidas de protección para la piel y los ojos para resistir los rayos ultravioleta.

El prototipo estará compuesto por una tarjeta de sistema embebido en el lenguaje de *Texas Instruments* modelo TM4c1294. La tarjeta procesará la señal de radiación solar ultravioleta capturada por el piranómetro total. Según la señal capturada, se encenderá una barra de luz a modo de termómetro para mostrar el color del rango de radiación ultravioleta solar capturada. El color será un estándar establecido por la Organización Mundial de la Salud, en referencia al nivel de prevención.

El proyecto será autosuficiente porque su fuente de energía es el sol, y consistirá en un panel solar que proporcionará energía al proyecto durante su existencia. Instale baterías como fuente de energía de respaldo, de manera que cuando no haya energía solar o la tasa de recepción de energía solar sea baja, el equipo continúe operando normalmente y sea notificado.

Instalará un letrero de matriz, además del nivel de radiación solar ultravioleta, también mostrará la temperatura, la humedad y la hora actual a través del módulo de sonda y reloj.

Se programará para que las señales captadas también puedan visualizarse a través de un portal bajo un dominio, que contiene toda la información captada del bloque D de la universidad donde se instalará el prototipo.

Toda la programación estará bajo licencia de software libre a través de *Texas Instruments Energy*, IDE, para la fase de control y *Sublime Text* para el diseño del sitio web.

RECOMENDACIONES

En la actualidad existe una gran variedad de equipos diseñados para medir la irradiancia solar, el diseño y prototipo busca influir en lo económico y en la capacidad de contribuir datos reales de los puntos mencionados en la provincia de Huancayo.

Para las pruebas respectivas tomadas en diferentes puntos del distrito de Huancayo se consideraron los días nublados dando a conocer las horas donde capta mayor irradiación solar, se pudo notar que al variar la temperatura del panel fotovoltaico tiende a disminuir la tensión del circuito.

Se verificó cada componente que integra el circuito con la finalidad de evitar variaciones o fallas al tomar los datos en el campo, para obtener los resultados deseados se tomó 2 a más muestras en los puntos designados con el fin de tener una mayor precisión al manipular estos datos.

Los datos obtenidos se almacenarán en un microSD, esta información puede servirnos para generar un monitoreo y conocimiento de la radiación solar en Huancayo, para poder implementarlo en otras provincias y distritos, generando datos reales y una mayor exactitud de energía, los datos deben encontrarse dentro de los parámetros establecidos que se obtiene a través del panel solar.

El prototipo de irradiación solar fue diseñado a partir de modelos matemáticos, empleando como dispositivo principal el Arduino, este evalúa la radiación a través de los modelos matemáticos aprovechando la temperatura como dato principal, dando la curva de potencia por los sensores de corriente y voltímetro. Con estos datos se puede estimar la irradiación solar y la curva con mayor precisión, luego se procede a comparar con los datos obtenidos por Internet o Senamhi mejorando la predicción.

LISTA DE REFERENCIAS

1. **EUROPE, SUNFIELDS.** Radiación, Irradiancia, Azimut y hora sol pico en fotovoltaica. <https://www.sfe-solar.com/>. [En línea] 2 de junio de 2020. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/energia-fotovoltaica-radiacion-geometria-recorrido-optico-irradiancia-y-hsp/>.
2. **ABAL, Gonzalo.** *Fundamentos de energía solar radiación solar*. Instituto de Física de la Universidad de la República del Uruguay. 2014. Tesis de grado.
3. **FINDLEY, David.** *Solar power*. s.l. : Mc Graw Hill, 2010.
4. **HANTULA, Richard.** *How do Solar panels work?* s.l. : Infobase Publishing, 2010 .
5. **PAULESCU, M. y GRAVILA, P.** *Weather modeling and forecasting of PV system operation*. s.l. : Springer, 2013 .
6. **MUNEER, T.** *Solar radiation and daylight models*. Elsevier : Napier University, 2004.
7. **ATES, Tarn y HIBBERD, Bradley.** *Production modeling for grid tied PV systems*. Y mayo de 2010, En revista Solar Pro.
8. **DÍAZ, D. y ROMERO, R.** *Navegación de robot móvil usando Kinect, OpenCV y Arduino*. s.l. : Prospectiva, 2012.
9. **VEGA, E., SANTAMARÍA, F. y RIVAS, E.** *Internet de los objetos empleando Arduino para la gestión eléctrica domiciliaria*. 2014, Revista Escuela de Administración de Negocios, Vols. (77), 24-41.
10. **CEBALLOS, otros.** *Desarrollo de un robot de rehabilitación pasiva para la articulación de la muñeca mediante la implementación de un microcontrolador Arduino UNO*. Universidad Industrial de Santander Colombia. Santander Colombia : s.n., 2017.
11. **HENRÍQUEZ, Carlos.** *Sistema de control de acceso y registro de asistencia utilizando Smart Cards con tecnología JavaCard y Hardware Libre Arduino*. 2010, En Revista Prospectiva, Vols. 8 (2), 63-68 .
12. **GARCÍA, E. y GONZÁLEZ, A.** *Solución de iluminación eficiente energéticamente para una vivienda sustentable*. 2020, Revista Ingeniería Energética, Vols. XLI(2), 1-11.

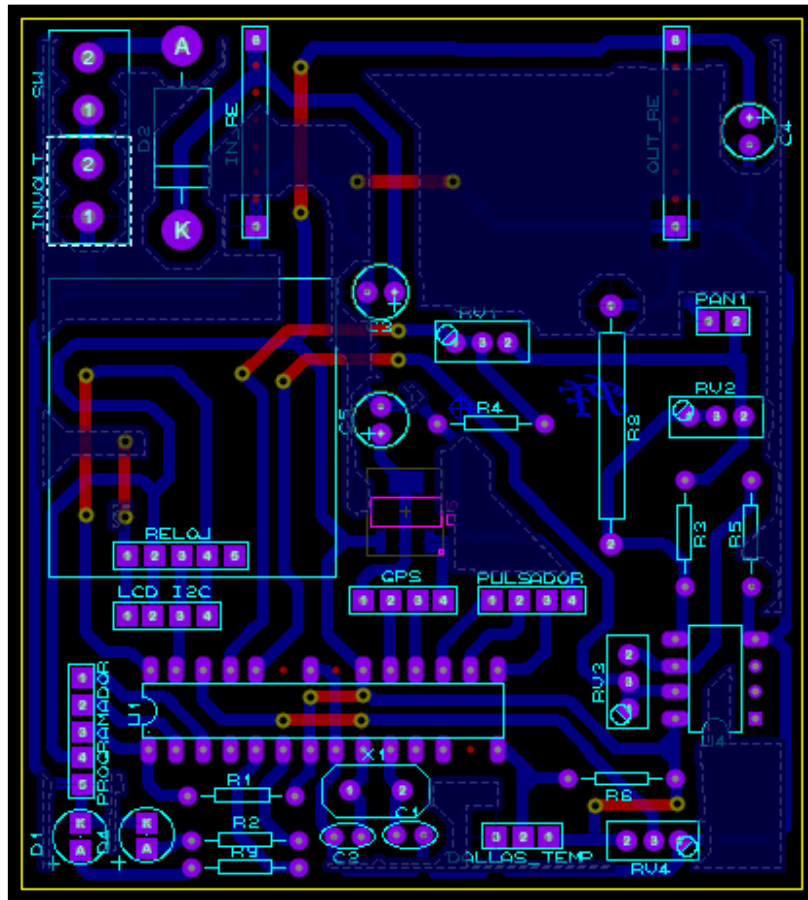
13. **AZUA, otros.** *Sistemas de adquisición de datos de bajo costo con la plataforma Arduino.* 2017, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.
14. **PUPC, GRUPO RURAL.** *El desarrollo de la energía solar en el Perú.* 2020.
15. **SOLAR, ENERGÍA.** *Irradiación solar .* 2020.
16. **MINAS, MINISTERIO DE ENERGÍA Y.** *Guía de instalación de sistemas fotovoltaicos domésticos (SFD).* s.l. : Dirección general de electricidad, 2007.
17. **NOVOA PEÑA, Alfredo.** *Matriz energética en el Perú y energías renovables.* (s. f.).
18. **HORN MUTSCHLER, Manfred.** *Aprovechamiento descentralizado de fuentes renovables de energía.* (s. f.).
19. **GAMIO AITA, Pedro.** *Energía en el Perú ¿hacia dónde vamos?* (s. f.).
20. **CHAFLOQUE, PAUCCAR y RIVERA.** *Controlador lógico programable de salida tipo relé, basado en Arduino para transmisión de datos entre etapas de procesos industriales.* Universidad Nacional del Callao. Callao, Perú : s.n., 2019 . Tesis de grado.
21. **CÓRDOVA.** *Los sistemas de open hardware Arduino en el control de los procesos de incubación de huevos de codorniz.* Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Perú : s.n., 2018 . Tesis de grado.
22. **CENTENO.** *Implementación de un prototipo con tecnología Arduino y Android, para la eficiencia en el uso del agua potable en los predios de Talavera.* Universidad Nacional José María Arguedas. . Andahuaylas, Apurímac, Perú : s.n., 2017. Tesis de grado.
23. **MINAS, MINISTERIO DE ENERGÍA Y.** *Reglamento de la ley N.º 28749, Ley general de electrificación rural.*
24. **HIDROLOGÍA, INSTITUTO DE.** *Meteorología y estudios ambientales.* 2020 , Radiación Solar .
25. **EDUCATIVAS, INSTITUTO DE TECNOLOGÍAS.** *El espectro de radiación.* ITE Instituto de Tecnologías Educativas.
26. **PERÚ, AUTOSOLAR.** *Perú tiene la radiación solar más alta del mundo.* 2020.
27. **CENERGIA.** *Radiación solar en el Perú.* . *cenergia.org.pe* . [En línea] 2020 . [Citado el: 2 de junio de 2020 .] <https://cenergia.org.pe/blog/radiacion-solar-peru-irradiancia-radiacion/>.
28. **ALONSO, M.** *Sistemas fotovoltaicos.* 2011. ISBN 9788492521944.

29. **CHIREA, Ilie.** *Energía solar*. N.º 5, 2003, pág. p. 14.
30. **DOIG, A.** *Componentes de una instalación solar fotovoltaica*. 2012. p. 24.
31. **ARANGO, R., NAVARRO, A. y PADILLA, J.** *Sistemas Open Hardware y Open Source Aplicados a la enseñanza de la electrónica*. 2014 .
32. **TORRENTE, O.** *Arduino: curso práctico de formación*. . México D.F. : Alfaomega Grupo Editorial S. A., 2013 .
33. **PÉREZ.** *Prototipo de un sistema de vigilancia y detección de fuga de gas, utilizando Raspberry Pi y Arduino para mejorar la seguridad en viviendas unifamiliares*. Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú : s.n., 2019 . Tesis de grado.
34. **ARDUINO.** *Arduino Uno: Datasheet* . [En línea] 2014 . <http://datasheet.octopart.com/A000066-Arduino-datasheet-38879526.pdf>.
35. **SÁNCHEZ, S.** *Un circuito de monitoreo y protección para aplicaciones de 1-celda y 2 celdas Li-ion* . 2019.
36. **CÓRDOVA, SALAZAR.** *Procedimiento riguroso de forma lógica para investigadores* .
37. **ESPINOZA MONTES, Ciro.** *Metodología de investigación tecnológica*. Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2010.

ANEXOS

Anexo 1

Diseño de un medidor de irradiancia solar con registro de datos basado en arquitectura de código abierto



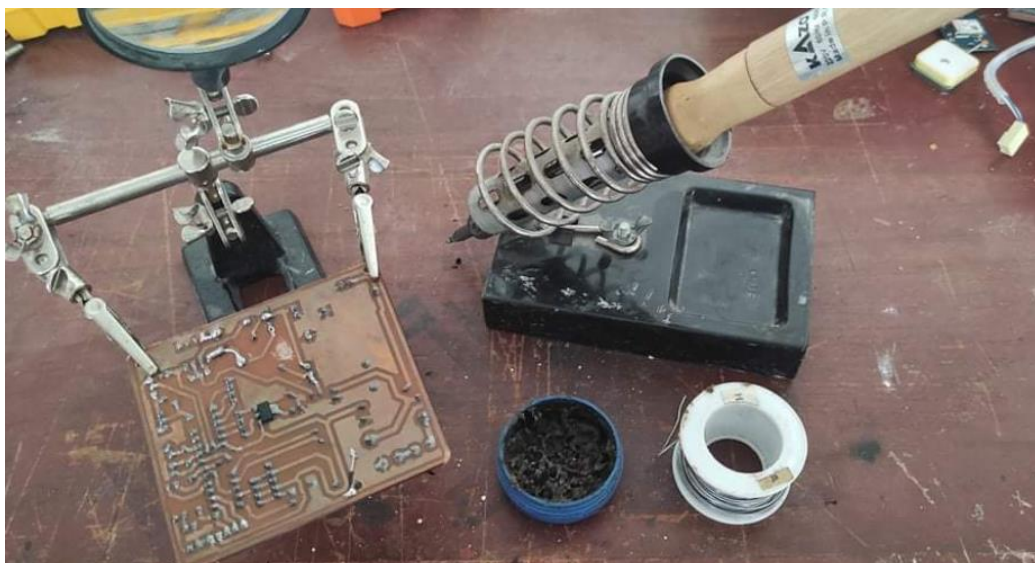
Anexo 2

Implementación de un medidor de irradiancia solar con registro de datos basado en arquitectura de código abierto – ruteo de pistas con CNC



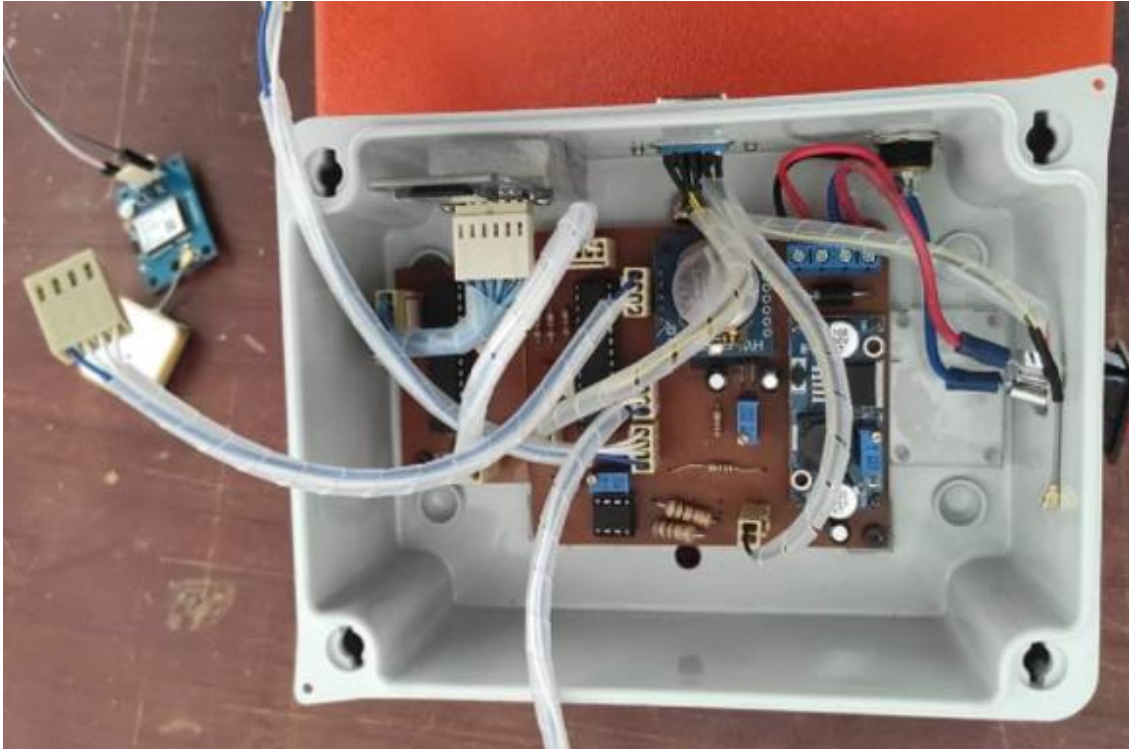
Anexo 3

Implementación de un medidor de irradiancia solar con registro de datos basado en arquitectura de código abierto – soldado de componentes en placa PCB con estación de soldar



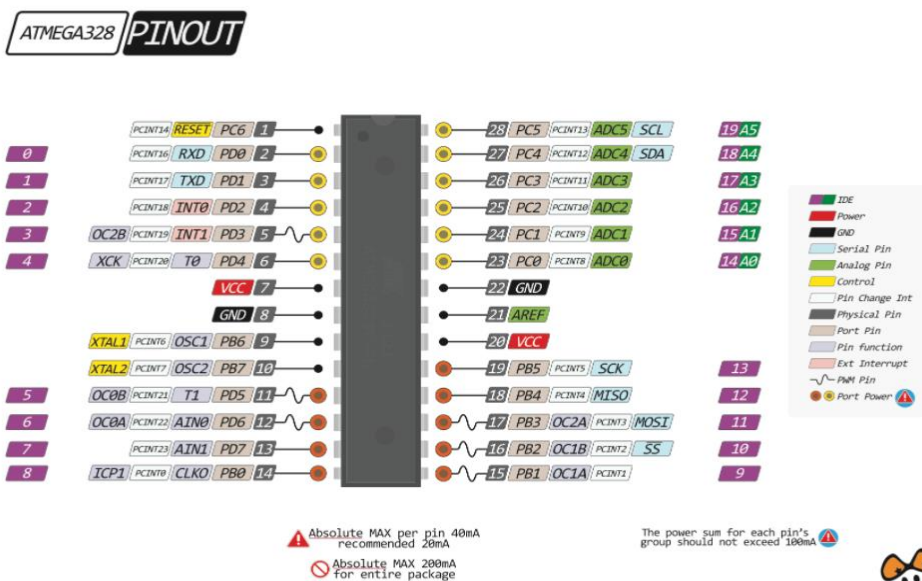
Anexo 4

Implementación de un medidor de irradiancia solar con registro de datos basado en arquitectura de código abierto – ensamblado de módulos en placa PCB



Anexo 5

Datasheet del PIC Atmega328p DIP



Tomada de Naylamp Mechatronics, 2014

Anexo 6

Datasheet del módulo reloj DS1302

Módulo RTC DS1302. Reloj de tiempo real

(Versión 07-12-17)

Descripción

Un módulo RTC (Real Time Clock) o "Reloj de tiempo real" consiste en un circuito integrado alimentado por una batería el cual, en todo momento, registra la fecha, día de la semana y hora al igual que un reloj digital convencional.



Reloj de Tiempo Real DS1302.

Cuenta segundos, minutos, horas, mes, día de la semana y año.

Descripción

El chip DS1302 contiene un reloj/calendario de tiempo real y 31 bytes de RAM estática. Se comunica con un microprocesador mediante una interfaz serial simple.

Solamente se requieren 3 alambres para comunicarse con el reloj y la RAM: CE (chip enable), IO (data line) y SCLK (serial clock). Los datos pueden ser transferidos desde y hacia el reloj/RAM 1byte a la vez o 31 bytes de una sola vez. El DS1302 está diseñado para operar con muy baja potencia y retiene los datos y la información del reloj con menos de 1 μ W.

Para su funcionamiento se necesita un cristal de 32.768 kHz con capacitancia de carga de 6 pF (vendido por separado); **Recuerde que hablamos del Chip, el módulo si tiene el cristal**

Características:

Cuenta segundos, minutos, horas, mes, día de la semana y año
Año bisiesto válido hasta el 2100
Soporta modo de 24 o 12 horas con indicador AM/PM
RAM estática de 31 bytes
Empaque: 8-pin DIP
Especificaciones Clave:

Requerimiento de potencia: 2 a 5 VDC; menos de ~300 nA
Comunicación: TTL compatible serial sincrónico de 3 líneas
Temperatura de Operación: -32° a +185° F (-0° a + 70° C)
Dimensiones: 0.4 x .025 in (10 x 6.4 mm)

Se le podrá asignar por única vez una fecha, hora y día de la semana, y mediante otro sketch aparte se lo comenzará a utilizar directamente.

Vale la pena conocer las prestaciones que este módulo ofrece, pero no siempre es necesario comprar y emplear un reloj de tiempo real, bien puede registrarse el tiempo mientras corre el programa solamente empleando software y la memoria interna EEPROM, aunque durante el tiempo en que la placa este sin alimentación esto no funcionará. Por lo tanto, si se desea tener en todo momento disponibles y actualizados la fecha, día de la semana y hora independientemente de la alimentación de la placa, este componente es la solución. Para el resto de los casos se lo consideraría innecesario. Visitar la entrada *Reloj por software*.

Tomada del Módulo RTC DS1302, 2017

Anexo 7

Datasheet del módulo GPS NEO-6

NEO-6 series

Versatile u-blox 6 GPS modules

Highlights

- UART, USB, DDC (PC compliant) and SPI interfaces
- Available in Crystal and TCXO versions
- Onboard RTC crystal for faster warm and hot starts
- 1.8 V and 3.0 V variants



NEO-6
12.2 x 16.0 x 2.4 mm

Features

- u-blox 6 position engine:
 - Navigate down to -162 dBm and -148 dBm coldstart
 - Faster acquisition with AssistNow Autonomous
 - Configurable power management
 - Hybrid GPS/SBAS engine (WAAS, EGNOS, MSAS)
 - Anti-jamming technology
- Simple integration with u-blox wireless modules
- A-GPS: AssistNow Online and AssistNow Offline services, OMA SUPL compliant
- Backward compatible (hardware and firmware); easy migration from NEO-5 family or NEO-4S
- LCC package for reliable and cost effective manufacturing
- Compatible with u-blox GPS Solution for Android
- Based on GPS chips qualified according to AEC-Q100
- Manufactured in ISO/TS 16949 certified production sites
- Qualified according to ISO 16750

Product description

The NEO-6 module series brings the high performance of the u-blox 6 position engine to the miniature NEO form factor. u-blox 6 has been designed with low power consumption and low costs in mind. Intelligent power management is a breakthrough for low-power applications. These receivers combine a high level of integration capability with flexible connectivity options in a small package. This makes them perfectly suited for mass-market end products with strict size and cost requirements. The DDC interface provides connectivity and enables synergies with u-blox LEON and LISA wireless modules.

All NEO-6 modules are manufactured in ISO/TS 16949 certified sites. Each module is tested and inspected during production. The modules are qualified according to ISO 16750 - Environmental conditions and electrical testing for electrical and electronic equipment for road vehicles.

Product selector

Model	Type	Supply	Interfaces	Features
	Standalone GPS Standalone GLONASS Timing & Raw Data Dead Reckoning	1.75 V - 2.0 V 2.7 V - 3.6 V	UART USB SPI DDC (PC compliant)	Programmable (Flash) FW update Oscillator RTC crystal Antenna supply and super vcc Configuration pins Timerpulse External interrupt / Wakeup
NEO-6G	•	•	• • • •	T • ○ ○ ○ 3 1 •
NEO-6Q	•	•	• • • •	T • ○ ○ ○ 3 1 •
NEO-6M	•	•	• • • •	C • ○ ○ ○ 3 1 •

○ = requires external components and integration on application processor

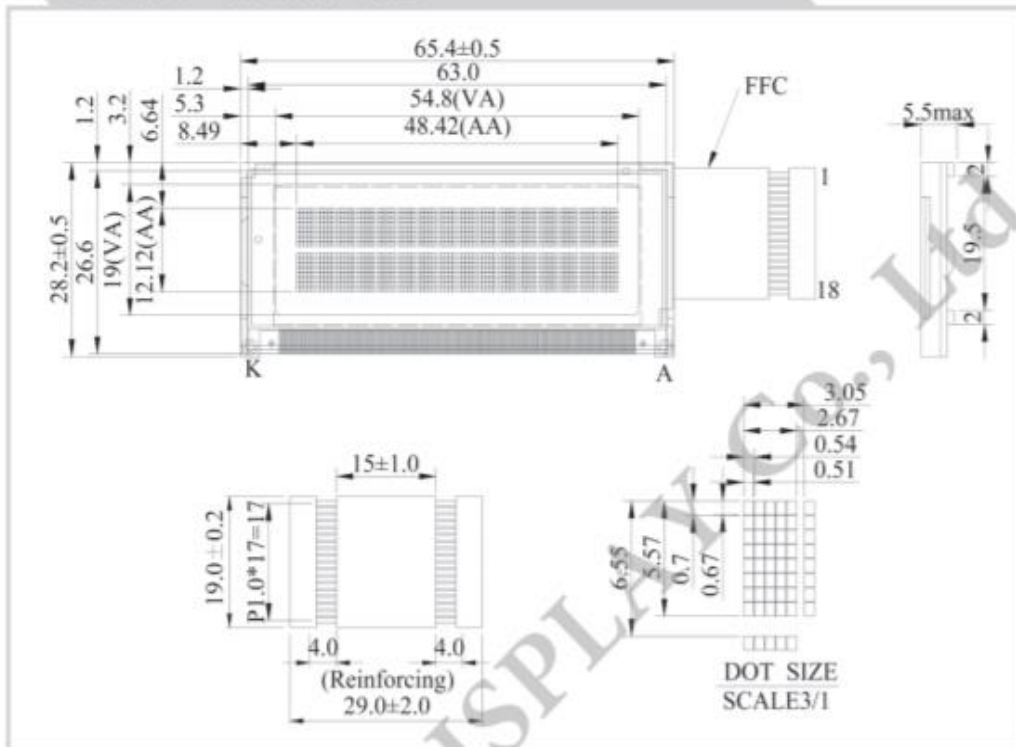
C = Crystal / T = TCXO

Tomada de Copyright, 2011

Anexo 8

Datasheet pantalla LCD 16X2

WH1602T Character 16x2



Feature

1. 16x2 dots includes cursor
2. Built-in controller (ST7066 or Equivalent)
3. 3.5V power supply only
4. N.V. optional for 3V power supply
5. 1/16 duty cycle
6. White LED B/L not available
7. Interface : 6800, option SPI/I2C (RW1063 IC)

Pin No.	Symbol	Description
1	V _{DD}	Power supply for logic
2	V _{SS}	Ground
3	V ₀	Contrast Adjustment
4	NC	No connection
5	NC	No connection
6	RS	Data/ Instruction select signal
7	R/W	Read/Write select signal
8	E	Enable signal
9	DB0	Data bus line
10	DB1	Data bus line
11	DB2	Data bus line
12	DB3	Data bus line
13	DB4	Data bus line
14	DB5	Data bus line
15	DB6	Data bus line
16	DB7	Data bus line
17	A	Power supply for B/L +
18	K	Power supply for B/L -

Mechanical Data

Item	Standard Value	Unit
Module Dimension	65.4 x 28.2	mm
Viewing Area	54.8 x 19.0	mm
Character Size	2.67 x 5.57	mm

Electrical Characteristics

Item	Symbol	Standard Value	Unit
		typ.	
Input Voltage	V _{DD}	5.0	V
Recommended LCD Driving Voltage for Normal Temp. Version module @25°C	V _{DD} -V ₀	4.20	V

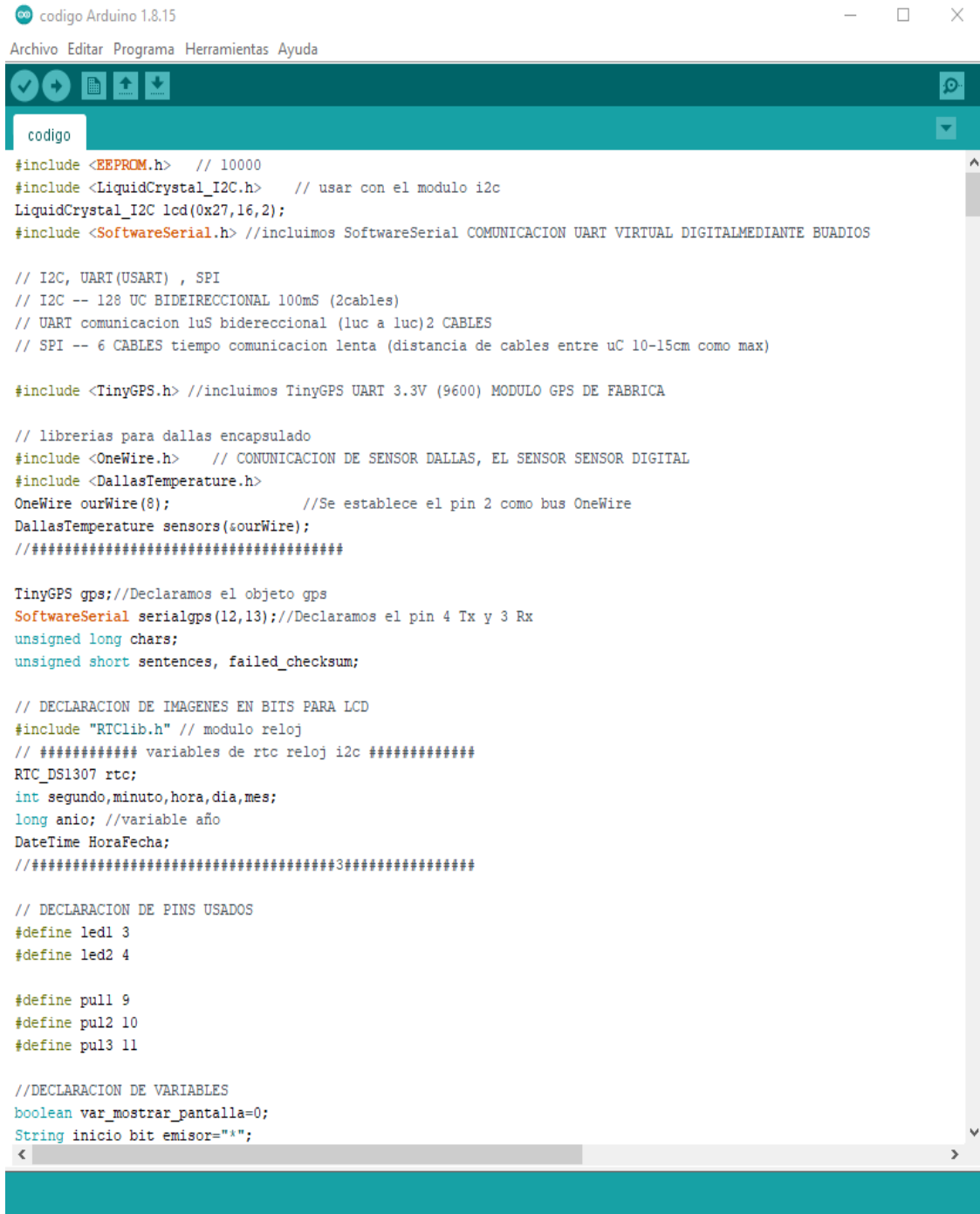
Display Character Address Code

Display position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DD RAM Address	00	01	02													0E/0F
DD RAM Address	40	41	42													4E/4F

Tomada de Winstar, 2018

Anexo 9

Compilación del programa en la plataforma Arduino



```
codigo Arduino 1.8.15
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

#include <EEPROM.h> // 10000
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // usar con el modulo i2c
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
#include <SoftwareSerial.h> //incluimos SoftwareSerial COMUNICACION UART VIRTUAL DIGITALMEDIANTE BUADIOS

// I2C, UART (USART) , SPI
// I2C -- 128 UC BIDEIRECCIONAL 100mS (2cables)
// UART comunicacion luS bidireccional (luc a luc)2 CABLES
// SPI -- 6 CABLES tiempo comunicacion lenta (distancia de cables entre uC 10-15cm como max)

#include <TinyGPS.h> //incluimos TinyGPS UART 3.3V (9600) MODULO GPS DE FABRICA

// librerias para dallas encapsulado
#include <OneWire.h> // COMUNICACION DE SENSOR DALLAS, EL SENSOR SENSOR DIGITAL
#include <DallasTemperature.h>
OneWire ourWire(8); //Se establece el pin 2 como bus OneWire
DallasTemperature sensors(&ourWire);
//#####

TinyGPS gps;//Declaramos el objeto gps
SoftwareSerial serialgps(12,13);//Declaramos el pin 4 Tx y 3 Rx
unsigned long chars;
unsigned short sentences, failed_checksum;

// DECLARACION DE IMAGENES EN BITS PARA LCD
#include "RTClib.h" // modulo reloj
// ##### variables de rtc reloj i2c #####
RTC_DS1307 rtc;
int segundo,minuto,hora,dia,mes;
long anio; //variable año
DateTime HoraFecha;
//#####3#####

// DECLARACION DE PINS USADOS
#define led1 3
#define led2 4

#define pull 9
#define pul2 10
#define pul3 11

//DECLARACION DE VARIABLES
boolean var_mostrar_pantalla=0;
String inicio bit emisor="*";
```

Anexo 10

Costo del proyecto de tesis

Gastos administrativos					
Cant.	Unidad medida	Detalle	Costo unit. S/	Costo Total S/	Fuente
2	Millar	Hojas bond A4 80 gr.	12.00	24.00	Auto financiado
1	Conjunto	Material de escritorio	50.00	50.00	Auto financiado
5	Und.	DVD	2.00	10.00	Auto financiado
2	Und.	Pen drive USB 32 GB	35.00	70.00	Auto financiado
3	Conjunto	Mat. bibliográfico	70.00	210.00	Auto financiado
1	Und.	Toner Cartridge	60.00	60.00	Auto financiado
1	Millar	Fotostáticas	20.00	20.00	Auto financiado
80	Horas	Internet	1.00	80.00	Auto financiado
80	Horas	Alquiler computadoras y software	1.50	120.00	Auto financiado
100	Horas	Horas de trabajo destinadas a la investigación	10.00	1000.00	Auto financiado
10	Desplazamiento	Transporte	5.00	50.00	Auto financiado
8	Und.	Refrigerio	10.00	80.00	Auto financiado
6	Und.	Impresión final de la investigación	40.00	240.00	Auto financiado
Subtotal				S/ 2,014.00	
Gastos para construcción del prototipo					
5	Und.	Resistencia 1 ohm de precisión	1.50	7.50	Auto financiado
1	Und.	Resistencia variable de Rv= 1 kOhm	1.50	1.50	Auto financiado
1	Und.	Resistencia variable 1 Mohm	0.50	0.50	Auto financiado
1	Unid	Resistencia de precisión 1kohm	1.50	1.50	Auto financiado

1	Und.	CI LM324N, GK7300HG + zócalo	2.00	2.00	Auto financiado
2	Und.	Interruptor ON/OFF, 3ª 250VAC – 6ª 125VAC	1.00	2.00	Auto financiado
2	Und.	Pares de bananas macho y hembra	5.00	10.00	Auto financiado
1	Und.	Cristal de 4 MHz	1.50	1.50	Auto financiado
40	Horas	Alquiler de multímetro	3.00	120.00	Auto financiado
40	Horas	Alquiler de osciloscopio	5.00	200.00	Auto financiado
1	Und.	Protoboard	20.00	20.00	Auto financiado
20	Metros	Cable calibre n.º 18	2.00	40.00	Auto financiado
1	Und.	Pasta para soldar	8.00	8.00	Auto financiado
1	Und.	Placa virgen (fibra de vidrio) 50 x 50	150.00	150.00	Auto financiado
8	Horas	Alquiler de estación de soldar	20.00	160.00	Auto financiado
2	Und.	Estaño para soldar (rollo)	10.00	20.00	Auto financiado
5	Horas	Alquiler de fresadora	80.00	400.00	Auto financiado
1	Und.	Mini Taladro	60.00	60.00	Auto financiado
1	Und.	Juego de brocas	12.00	12.00	Auto financiado
3	Horas	Case para prototipo	40.00	120.00	Auto financiado
1	Und.	Juego de Herramientas	70.00	70.00	Auto financiado
6	Und.	Software para simulación	5.00	30.00	Auto financiado
3	Und.	Arduino Uno	60.00	180.00	Auto financiado
3	Und.	Panel solar	25.00	75.00	Auto financiado
2	Und.	Pantalla LCD 16 x 4	20.00	40.00	Auto financiado
5	Und.	Batería 9v	5.00	25.00	Auto financiado
10	Und.	Amplificador	3.00	30.00	Auto financiado
1	Und.	Módulo GPS	90.00	90.00	Auto financiado
1	Und.	Módulo reloj	50.00	50.00	Auto financiado

1	Und.	Módulo I2c	13.00	13.00	Auto financiado
1	Und.	Sensor de temperatura.	15.00	15.00	Auto financiado
1	Und.	Módulo Amp. Volt.	20.00	20.00	Auto financiado
1	Und.	Memoria SD 1Gb	10.00	10.00	Auto financiado
1	Und.	Módulo data logger	15.00	15.00	Auto financiado
1	Und.	Serigrafiado de acrílico	15.00	15.00	Auto financiado
3	Und.	Pulsador	1.50	4.50	Auto financiado
2	Und.	Atmega 328	30	60.00	Auto financiado
1	Und.	Batería 12v	70	70.00	Auto financiado
1	Und.	Soporte metálico	300	300.00	Auto financiado
30	Horas	Solarímetro	25.00	750.00	Auto financiado
1	Und.	Otros	300.00	300.00	Auto financiado
Subtotal				S/ 3,499.00	
Total				S/ 5,513.00	

Anexo 11

Costo del prototipo

Costo de la construcción del prototipo					
5	Und.	Resistencia 1 ohm de precisión	1.50	7.50	Auto financiado
1	Und.	Resistencia variable de Rv= 1 kOhm	1.50	1.50	Auto financiado
1	Und.	Resistencia variable 1 Mohm	0.50	0.50	Auto financiado
1	Unid	Resistencia de precisión 1kohm	1.50	1.50	Auto financiado
1	Und.	CI LM324N, GK7300HG + zócalo	2.00	2.00	Auto financiado
2	Und.	Interruptor ON/OFF, 3ª 250VAC – 6ª 125VAC	1.00	2.00	Auto financiado
2	Und.	Pares de bananas macho y hembra	5.00	10.00	Auto financiado
1	Und.	Cristal de 4 MHz	1.50	1.50	Auto financiado
20	Metros	Cable calibre n.º 18	2.00	40.00	Auto financiado
1	Und.	Pasta para soldar	8.00	8.00	Auto financiado
1	Und.	Placa virgen (fibra de vidrio) 50 x 50	150.00	150.00	Auto financiado
2	Und.	Estaño para soldar (rollo)	10.00	20.00	Auto financiado
1	Und.	Juego de brocas	12.00	12.00	Auto financiado
3	Horas	Case para prototipo	40.00	120.00	Auto financiado
6	Und.	Software para simulación	5.00	30.00	Auto financiado
1	Und.	Arduino Uno	60.00	60.00	Auto financiado
1	Und.	Panel solar	25.00	25.00	Auto financiado
1	Und.	Pantalla LCD 16 x 4	20.00	20.00	Auto financiado
1	Und.	Módulo GPS	90.00	90.00	Auto financiado
1	Und.	Módulo reloj	50.00	50.00	Auto financiado

1	Und.	Módulo I2c	13.00	13.00	Auto financiado
1	Und.	Sensor de temperatura.	15.00	15.00	Auto financiado
1	Und.	Módulo Amp. Volt.	20.00	20.00	Auto financiado
1	Und.	Memoria SD 1Gb	10.00	10.00	Auto financiado
1	Und.	Módulo data logger	15.00	15.00	Auto financiado
1	Und.	Serigrafiado de acrílico	15.00	15.00	Auto financiado
3	Und.	Pulsador	1.50	4.50	Auto financiado
2	Und.	Atmega 328	30	60.00	Auto financiado
1	Und.	Batería 9v	5.00	5.00	Auto financiado
1	Und.	Batería 12v	70	70.00	Auto financiado
1	Und.	Soporte metálico	300	300.00	Auto financiado
10	Und.	Amplificador	3.00	30.00	Auto financiado
Subtotal				S/ 1,209.00	
Total				S/ 1,209.00	

Anexo 12

Pruebas realizadas en el parque Huamanmarca _ Huancayo _ calibración del panel solar



Anexo 13

Pruebas realizadas en el parque Huamanmarca -Huancayo_configuración del
medidor de irradiancia solar



Anexo 14

Pruebas realizadas en el parque Huamanmarca -Huancayo _ vista frontal del
medidor de irradiancia solar, recopilando datos en el *datalogger*



Anexo 15

Pruebas realizadas en el parque Huamanmarca-Huancayo _ vista panorámica,
después de haber recopilado datos



Anexo 16

Pruebas realizadas en la Universidad Continental sede Huancayo _ calibración del panel solar



Anexo 17

Pruebas realizadas en la Universidad Continental sede Huancayo _ configuración del medidor de irradiancia solar



Anexo 18

Pruebas realizadas en la Universidad Continental sede Huancayo _ vista frontal del medidor de irradiancia solar, recopilando datos en el *datalogger*



Anexo 19



Pruebas realizadas en la Universidad Continental sede Huancayo _ vista panorámica, después de haber recopilado datos



Anexo 20

Datasheet de piranómetro de referencia – CMP3-L

PRODUCT



CMP3-L
Pyranometer with Sun Shield



Protective Glass Dome and Solar Shield

Compatible with most Campbell Scientific data loggers

Overview

The CMP3-L, manufactured by Kipp & Zonen, is an ISO-second-class pyranometer that monitors solar radiation for the full solar spectrum range. It produces a millivolt signal that is measured

directly by a Campbell Scientific data logger. The CMP3-L can provide solar radiation measurements for a variety of meteorological applications.

Benefits and Features

- › Includes a white snap-on sun shield that reduces the sensor's temperature
- › Measures reflected solar radiation when inverted
- › Provides measurements in direct sunlight, under plant canopies, when the sky is cloudy, and in artificial light
- › Includes bubble level and leveling screws, eliminating the need for a separate leveling base and simplifying installation
- › Acceptable for providing the solar radiation data used in stability estimations
- › Dome protects thermopile and allows water to roll off of it
- › Designed for continuous indoor and outdoor use

Detailed Description

The CMP3-L measures solar radiation with a high-quality blackened thermopile protected by a dome. The blackened thermopile provides a flat spectral response for the full solar spectrum range, which allows the CMP3-L to be used under plant canopies or lamps, when the sky is cloudy, and for reflected radiation measurements.

The CMP3-L includes a white snap-on sun shield that reduces the sensor's temperature. It also has a bubble level and

adjusting leveling screws, which enable the sensor to be leveled without using a leveling base.

The CMP3-L produces a millivolt signal that is measured directly by a Campbell Scientific data logger.

Two CMP3-L pyranometers can be mounted back-to-back to make a low-cost albedometer. Contact Campbell Scientific for more information.

For comprehensive details, visit: www.campbellsci.com/cmp3-l 

Tomada de Campbell Scientific, 2020

Anexo 21

Comparación de datos entre piranómetro Campbell y medidor de irradiancia solar (prototipo)_ cuadro de error

	IRRADICIÓN MINIMA (W)	IRRADICIÓN MAXIMA (W)	Promedio (W/m ²)	ERROR (%)
PROTOTIPO	3.181	3.845	3.550	± 2.628
CHAMBELL	3.046	3.845	3.459	

Después de culminar la construcción del instrumento Prototipo, se realizó la comparación de datos con el piranómetro marca Campbell; se realizó en un rango de horario de 3 horas, considerando desde las 8:00 h hasta 11:00 h, obteniendo el error de ± 2.534.

	Irradiación mínima (W)	Irradiación máxima (W)	Promedio (W/m ²)	Error (%)
Prototipo	3.181	3.845	3.550	± 2.628
Campbell	3.046	3.845	3.459	

Al día siguiente se realizó la comparación de datos con el piranómetro marca Campbell; se realizó en un rango de horario de 3 horas, considerando desde las 11:00 h hasta 14:00 h, obteniendo el error de ± 2.628.

Anexo 22

Piranómetro Campbell _ obtención de datos en la ciudad de Huancavelica



Anexo 23

Piranómetro Campbell y prototipo _ obtención de datos en la ciudad de Huancavelica

