



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE
TELECOMUNICACIONES**

DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES INALAMBRICAS AUTOSUFICIENTE ENERGÉTICAMENTE

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de ingeniero en telecomunicaciones

**AUTORES: BRYAN GREGORIO CARRIÓN ALVARADO
ROMINA FIORELLA VICUÑA PACHECO**

TUTOR: HOLGER SANTILLAN CARRANZA, Msc

Guayaquil – Ecuador 2024

I. Certificado de Dirección del Trabajo de Titulación

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Holger Jorge Santillán Carranza, con documento de identificación N° 0916303134 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES INALAMBRICAS AUTOSUFICIENTE ENERGÉTICAMENTE** : realizado por Bryan Gregorio Carrion Alvarado con documento de identificación N° 0950020362, y Romina Fiorella Vicuña Pacheco con documento de identificación N°0953254968, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Artículo académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 20 de Marzo del 2024

Atentamente,



Holger Jorge Santillán Carranza
0916303134

SEDE GUAYAQUIL

Chambers # 227 y 5 de Junio • Campus Centenario • Casilla 09-01-47-52 • Teléfono: (593) 4 2590-630 Ext.: 4401
www.ups.edu.ec

SEDE GUAYAQUIL

Chambers # 227 y 5 de Junio • Campus Centenario • Casilla 09-01-47-52 • Teléfono: (593) 4 2590-630 Ext.: 4401
www.ups.edu.ec

II. Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la Universidad Politécnica Salesiana

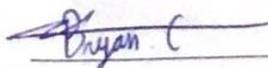
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.

Nosotros, Bryan Gregorio Carrion Alvarado, con Ci. 0950020362 y Romina Fiorella Vicuña Pacheco con Ci. 0953254968, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Artículo Científico: “ DISEÑO Y ANALISIS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES INALAMBRICAS AUTOSUFICIENTE ENERGETICAMENTE ”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Telecomunicaciones, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la institución facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

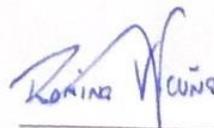
Guayaquil, 20 de marzo del 2024

Atentamente,



Bryan Gregorio Carrion Alvarado

Ci. 0950020362



Romina Fiorella Vicuña Pacheco

Ci. 0953254968

III. Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación.

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.

Nosotros, Romina Fiorella Vicuña Pacheco con documento de identificación N° 0953254968. y Bryan Gregorio Carrión Alvarado con documento de identificación N° 0950020362 manifestamos que:

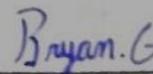
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 20 de marzo del año 2024.

Atentamente,



Romina Fiorella Vicuña Pacheco
CI:0953254968.



Bryan Gregorio Carrión Alvarado
CI:0950020362.

IV. Dedicatoria

Dedico este artículo a mi familia, mi madre, padre y hermana, por estar siempre que la vida es difícil de lo normal, por apoyarme y levantarme en cualquier situación y por ser necesario corregirme si estoy en lo incorrecto, personas fundamentales en mi vida que han sido mi soporte y ganas de continuar día a día, sin el apoyo de ellos.

Dedico este artículo a mi familia y a Santiago por su apoyo incondicional siempre, ayudarme a cumplir mis metas y alentarme a seguir adelante y levantarme en los momentos de debilidad.

V. Agradecimiento

Agradezco a mi madre, el principal motor de mi vida, la persona con la que más confío en esta vida, quien siempre me apoya y da todo si para que salga adelante, sin ella la vida fuera imposible de vivir.

A mi padre que por más de una vez tuvo que ponerse la camisa y sacar a su familia adelante, por enseñarme que cuando se quiere algo hay que ser disciplinado y trabajar por ello.

A mi hermana por ser mi soporte cuando nadie más podía dármelo, por ser mi fiel compañera en esta etapa de mi vida en la cual nada fue fácil.

A la vida por permitirme vivir experiencias y cada una de ellas enseñarme lo valiosa que es y a nunca bajar la cabeza.

A Jordy por apoyarme en último mes más complicado, gracias, mi hermano.

Agradezco a mis padres por su apoyo y por el aguante siempre, a mis amigos ellos saben quiénes son los siempre estuvieron para mí y Santiago sin ti no hubiera podido seguir aquí, te agradezco siempre.

VI. Resumen

En el siguiente documento se presenta el diseño y análisis de un sistema de comunicaciones inalámbricas autosuficiente energéticamente el cual tiene como propósito obtener un análisis del consumo de energía en un dispositivo de clase Wireless, es decir un router que comúnmente se encuentra en casi lugar actualmente, para posterior usar esa información para adaptar un panel solar como forma de energía, para así poder tener una conectividad sin interrupciones.

Se usará un dispositivo llamado Arduino el cual permitirá por medio de un código de programación poder calcular cuánto consumo de energía necesita para el funcionamiento del router.

El router como se sabe es un dispositivo que necesita energía eléctrica y en la actualidad se está viviendo una serie de apagones este 2023 en Ecuador, por eso la necesidad de implementar un sistema que utilice energía solar.

Se utilizará una batería de litio, la cual tendrá que ser obtenida dependiendo de la magnitud de energía que se necesite para el router.

Se llevarán a cabo todo este tipo de pruebas minuciosas que se evaluará el desempeño de los componentes y su ensamblaje y el funcionamiento en conjunto los cuales a partir de esto confirmarán la viabilidad y eficacia de la obtención de información sobre el consumo energético y a su vez la eficacia del uso de luz solar en la transmisión de internet.

V.I Palabras Claves

1; Arduino 2; Router 3; Internet

VII. Abstract

This document presents the design and analysis of an energetically self-sufficient wireless communications system which aims to obtain an analysis of the energy consumption in a Wireless class device, that is, a router that is commonly found almost anywhere today, to later use that information to adapt a solar panel as a form of energy, in order to have uninterrupted connectivity.

We will use a device called Arduino which will allow us, through programming code, to be able to calculate how much energy consumption is needed for the router to operate.

The router, as we know, is a device that needs energy and is currently experiencing a series of blackouts in 2023 in Ecuador, hence the need to implement a system that uses solar energy.

A lithium battery will be used, which will have to be obtained depending on the magnitude of energy needed for the router.

All these types of exhaustive tests will be carried out to evaluate the performance of each component and its integration at a general level and how they work together. The results obtained from these tests and measurements will confirm the viability and effectiveness of obtaining information about energy consumption and in turn the effectiveness of the use of sunlight in internet transmission.

VI.I Keywords

1; Arduino 2; Router 3; Internet

VIII. Índice

I. Certificado de Dirección del Trabajo de Titulación	2
II. Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la Universidad Politécnica Salesiana	3
III. Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación.	4
IV. Dedicatoria	5
V. Agradecimiento	6
VI. Resumen	7
<i>VI.I Palabras Claves</i>	7
VII. Abstract	8
VI.I Keywords	8
VIII. Índice	9
VIII. Introducción	10
VIII.I Revisión sistemática de literatura (Systematic Review)	17
VIII.II Trabajos relacionados (related works)	20
IX. Metodología	22
IX.I Métodos y Técnicas de recopilación de datos empleados	22
IX.II Métodos y técnicas de análisis de datos.	22
IX.III Levantamiento de cargas eléctricas:	23
IX.IV Ángulo de inclinación de paneles solares	31
IX.V Selección del sistema fotovoltaico	34
IX.VI Selección del inversor:	37
IX.VII Selección de la batería	39
IX.VIII implementación práctica de componentes del prototipo	40
X. Interpretación de resultados	50
XI. Discusión	57
XII. Conclusiones	61
XIII. Recomendaciones	62
XIV. Bibliografía	63
XV. Anexo	65

VIII. Introducción

Cómo se conoce hasta el momento usar paneles solares en el área de las telecomunicaciones ha sido muy poco explotado principalmente se debe a que esta alternativa no ha sido completamente explorada ni utilizada en sistemas de comunicación inalámbricas. Aun así, se evidencia que es una energía totalmente eficiente que está en todo el apogeo para ser aprovechada [1]. Parte de esta falta de adopción se debe también el reconocimiento de este tipo de energía en sus características sobre la sostenibilidad y su eficiencia como energía [2].

Se sabe que la tecnología está en constante avance y se necesita siempre resolver más conflictos pero estas necesitan ser cada vez más sustentables de cierta manera, es fundamental tratar de explorar y explotar tipos de energías renovables como es el caso de la energía solar para resolver desafíos energéticos, la integración de estas energías no sólo pueden mejorar la eficiencia operativa sino que también dan paso a un futuro en el que junto a la energía solar pueda desempeñar un mejor desarrollo y crecimiento en el área de las redes de comunicaciones [3].

Para complacer las necesidades actuales energéticas; el uso de paneles solares como una nueva la opción de fuente energía se está convirtiendo en una prioridad en la búsqueda de soluciones sostenibles. En el estudio presente va a sentarse sobre el análisis del consumo energético de un router doméstico implementado a un sistema de energía fotovoltaico. El método por utilizarse se centra en la obtención del consumo energía mediante datos en tiempo real con herramientas como Arduino. Se tomará muchos aspectos importantes como el óptimo ángulo de inclinación del panel solar al igual que los factores geográficos y climáticos específicos en el lugar de instalación, como la latitud y la temperatura.

Para garantizar el suministro energía confiable y eficiente se debe seleccionar



componentes para el sistema fotovoltaico, estos incluyen inversor, paneles solares y baterías y un controlador de carga, que se basa en datos y requisitos energéticos del router. Si se considera soluciones innovadoras para satisfacer la demanda de energía en el

Ecuador debido a estos apagones de energía, el desafío de mantener una conectividad confiable es encontrar una intersección crucial entre fuentes de energía en un entorno más sostenible.

Enfatizando, integrar paneles solares en un sistema de comunicación inalámbrica o sea el enrutador doméstico es considerado una propuesta prometedora a gran escala. El enfoque aborda las necesidades inmediatas, pero también da las bases para un futuro con energía más sostenible al igual que se puede respaldar una mejor conectividad ya que permitirá una conectividad continua [4].

Los paneles solares pueden transformar en electricidad la luz solar [5]. Es un método el cual puede ayudar en varios sentidos y lugares como una casa o en una instalación a eliminar o reducir la clara dependencia de energía tradicional como es la eléctrica. Para lograr una autosuficiencia energética por paneles solares se reduce potencialmente emisiones de gases de efecto invernadero igual que se puede ahorrar dinero en el futuro al reducir el consumo de energía tradicional.

Dentro de este proyecto se usará el arduino UNO como un microcontrolador y actuar como una plataforma de desarrollo de hardware de código abierto como se muestra en la figura 1.

Arduino uno permite a todo tipo de computadora analizar y controlar el mundo a través de un tipo de computadora personal. Se trata de una plataforma de desarrollo informático físico la cual está basada en una placa de código abierto la cual está diseñada para crear software de placa y microcontrolador simple [5]. Se utiliza para crear muchos tipos de objetos interactivos que puedan leer desde varios interruptores, sensores y controlar tipos de luces, motores y otros actuadores físicos.



Figura 1: Tarjeta de desarrollo Arduino UNO. Fuente: [9]

El mencionado arduino UNO en resumen es una placa de desarrollo de hardware utiliza código abierto la cual se ha convertido en una importante herramienta en todo lo que es el campo de la automatización, electricidad y programación, ya que da como cabida una fácil y sociable plataforma para crear prototipos de proyectos electrónicos.

La placa viene con un entorno de desarrollo integrado (Integrated Development Environment,) que permite escribir, cargar y depurar el código de manera sencilla. Además, tiene una amplia comunidad de usuarios y muchos recursos en línea.

En el contexto del estudio mencionado, el arduino UNO se utiliza como una herramienta para medir el consumo energético del router. Esto se logra mediante la conexión del sensor adecuado a la placa, que puede monitorear la corriente eléctrica que pasa a través del router. Con la ayuda del arduino UNO y el código apropiado, es posible recopilar datos precisos sobre el consumo de energía en tiempo real.

Lo bueno del arduino UNO radica en su versatilidad ya que tiene la capacidad de comunicarse con varios entornos de software y hardware lo cual permite que dispositivos físicos se integren con aplicaciones informáticas [7][8].

Como punto interesante la utilización de Arduino UNO en proyectos tiene como beneficio la capacidad de funcionar de forma autónoma, es decir que pueden realizarse tareas sin tener la necesidad de conexión hacia una computadora. Lo que lo hace ideal para la implementación de cualquier tipo de aplicación como un sensor ambiental, un sistema de control automático, dispositivos de monitoreo entre otros. La programación es en la placa Arduino con el software de desarrollo Arduino IDE, un código abierto y gratuito. El lenguaje de programación utilizado es una variante simplificada de C/C++, lo que lo hace accesible incluso para principiantes en la programación [9].

El IDE de Arduino incluye un editor integrado para escribir código, un compilador para traducir el código a un formato legible por máquina y un depurador para probar el código. También incluye muchas bibliotecas diferentes, que se pueden utilizar para simplificar el desarrollo de proyectos basados en Arduino [9].

El router que se observa en la Figura 2, tiene como una de sus capacidades de punto de acceso inalámbrico, permitiendo la conexión a la red de forma inalámbrica por medio del WI-FI [10]. Los router son una base importante en cualquier tipo de Red móvil ya que no sólo se encarga de la transportación de datos entre redes, sino que también brindan varias funciones de control y seguridad. La habilidad de administrar el ancho de banda, proteger contra amenazas y administrar conexiones redundantes es un punto clave en cualquier infraestructura de red de cualquier organización.

Es un dispositivo encargado de controlar el flujo de datos entre redes el cual transmite información entre ellos, son herramientas básicas en cualquier infraestructura de redes de comunicaciones porque sea el encargado de enviar transferencias de datos entre varias redes, entorno local y conexiones a Internet.

Como principal función determina cuál es la ruta más eficiente para enviar un paquete de



datos desde un origen hasta el destino, asegurándose que la información logre llegar de manera eficaz y rápida además que desempeña papeles en la administración y protección de la Red[11].



Figura 2: Router tp-link. Fuente: [12]

Se utiliza los paneles solares porque son el medio por el cual se transforma la luz solar en energía solar fotovoltaica. Están elaborados por materiales semiconductores como es el caso del silicio el cual tiene la capacidad de generar una corriente eléctrica cuando ésta es expuesta a la radiación solar. Cuando la luz del sol incide sobre las células fotovoltaicas, estos fotones liberan electrones en el material semiconductor, logrando crear una corriente eléctrica la cual puede ser aprovechada para dar energía a dispositivos eléctricos. Desvíos de funcionamiento es lograr utilizar paneles solares que utilizan células fotovoltaicas para lograr transformar la radiación solar en electricidad [13].

El utilizar paneles solares para alimentar el router da cabida a varias ventajas, por un lado, esta permite reducir la gran dependencia que se tiene de la energía eléctrica para una continua comunicación y transmisión de datos lo que puede llegar a ser inmensamente útil en áreas donde se conoce que la infraestructura eléctrica es muy propensa a cortes de energía o puede llegar a ser muy deficiente por varios factores. Se pueden capturar grandes cantidades de energía para lograr producir electricidad ya que es una alternativa

Los paneles solares son una tecnología clave en la generación de energía solar fotovoltaica, ofreciendo una forma limpia, renovable y eficiente de producir electricidad.

Su utilización en la alimentación de dispositivos como routers permite aprovechar los beneficios de la energía solar para garantizar un suministro energético fiable y sostenible en diversas aplicaciones.



Figura 3: Paneles solares. Fuente: [15]

Los paneles solares como se muestra en la figura 3 crean electricidad en corriente continua ya que la naturaleza de la luz solar y a la forma en la que los paneles solares convierten la energía solar en energía eléctrica. Para la mayoría de los electrodomésticos y dispositivos en los hogares esto se complica un poco ya que se trabaja con corriente alterna. Por lo tanto, se deberá transformar la corriente continua producida por los mismos a corriente alterna para generar una compatibilidad con la mayoría de los electrodomésticos [16].

Además de cambiar el tipo de corriente, el inversor mostrado en la figura 4 también

ajustan el nivel de voltaje. Los paneles solares pueden generar voltajes variables dependiendo de las condiciones de iluminación y temperatura. El inversor ayuda a asegurar que la corriente alterna resultante tenga un voltaje constante y esté en línea con los estándares de la red eléctrica o los requisitos de los dispositivos conectados [17].

Los paneles solares pueden generar voltajes variables dependiendo de las condiciones de iluminación y temperatura a las que están expuestos. Esto significa que la tensión producida por los paneles solares puede variar a lo largo del día y en respuesta a cambios en las condiciones climáticas. Por ejemplo, en días soleados y despejados, la tensión generada por los paneles solares puede ser mayor que en días nublados o durante la noche. Además de estabilizar el voltaje de salida, algunos inversores como se muestra en la figura 4 también pueden realizar otras funciones, como monitorear el rendimiento del sistema, maximizar la eficiencia de conversión de energía y proporcionar protección contra sobretensiones y cortocircuitos. Estas funciones adicionales ayudan a garantizar un funcionamiento seguro y confiable del sistema de energía solar fotovoltaica [17].



Figura 4: Inversor de corriente. Fuente: [18]

El ACS712 que se muestra en la Figura 5 es un sensor de CA/CC que mide la fuerza del campo eléctrico a través de un conductor. Este sensor es extremadamente útil en aplicaciones donde es necesario monitorear la corriente eléctrica que fluye a través de un circuito. El ACS712 se puede utilizar junto con procesadores como Arduino para medir la intensidad de la carga y el consumo de energía [19].

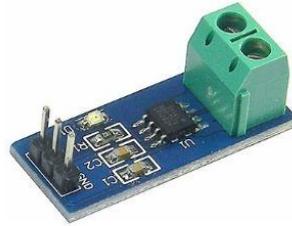


Figura 5: Sensor de corriente ACS712. Fuente: [20]

El ACS712 tiene la capacidad de integrarse con procesadores como el Arduino UNO para medir intensidades de cargas y consumos de energía en un sistema eléctrico. La capacidad del ACS712 para medir tanto corriente alterna como corriente continua lo hace versátil y adecuado para una amplia gama de aplicaciones, desde la monitorización de la energía en sistemas domésticos hasta el control de motores en aplicaciones industriales.

Éste es un sensor que utiliza varios métodos para la detección de medir la corriente, uno de sus métodos más usados se refiere al uso de elementos de acoplamiento magnético incrustados en el núcleo del sensor o devanados que forman el núcleo. Los mencionados elementos tienen como función detectar la corriente que fluye en el conductor que se está midiendo y generan la señal eléctrica proporcional a esta corriente. Esta señal puede ser procesada y utilizada para calcular la intensidad de la carga o el consumo de energía en el circuito.

En la actualidad, los sensores utilizan un sin número de diferentes métodos de detección. En su gran mayoría utilizan elementos de acoplamiento magnético como se mencionó anteriormente [21].

VIII.I Revisión sistemática de literatura (Systematic Review)

El uso de paneles solares da paso a una nueva tecnología la cual proporciona conexión a internet en lugares donde por situaciones remotas el acceso es más complicado. El routers tienen como función y fuente de energía principal la energía solar haciéndolo independiente de si existe o no una buena conexión de energía eléctrica [22].

El objetivo de este artículo es la evaluación del estado actual sobre el uso de paneles solares lo cual implica una comprensión a mayor escala, aplicaciones y desafíos que puede enfrentar este tipo de tecnología. Como puntos importantes que considerar se tienen:

Eficiencia energética: Es importante que se valúe la eficiencia que tienen los anotadores alimentados con energías renovables o alternas a la tradicional como es la energía solar para poder garantizar que su funcionamiento sea confiable y contiguo utilizando este tipo de energía. Lo cual implica detallar un análisis entre la potencia generada por los paneles solares y el consumo de energía de los componentes electrónicos del enrutador.

Adaptabilidad a diferentes entornos: El router utilizado deben tener la capacidad de funcionar en una gran variedad de entornos, desde lugares donde la radiación solar tiene un alto índice hasta áreas con condiciones climáticas variables en las cuales no siempre se tendrá un tipo de energía solar de calidad. Por lo tanto, es importante investigar los dispositivos necesarios que se adapten a los diferentes tipos de condiciones ambientales para que el rendimiento sea óptimo en diferentes ubicaciones geográficas.

Fiabilidad y durabilidad: Los paneles solares son usados como una alternativa para evitar usar energía eléctrica o en situaciones de emergencia se necesita comprobar su confiabilidad y durabilidad, el artículo también abordará el comportamiento de estos dispositivos en diferentes tipos de condiciones, así como su durabilidad de desgaste y deterioro a largo plazo.

Rendimiento: Se realizará el análisis y la medición de la velocidad de conexión a internet, latencia en condiciones donde el router está conectado normalmente a la red eléctrica y también cuando está conectado al sistema con paneles solares. Esto se obtiene mediante varios parámetros los cuales incluyen la velocidad de conexión, ésta representa la velocidad de transferencia de datos entre lo que es el router y los dispositivos conectados al mismo. Cuando se obtiene una baja velocidad de conexión puede indicar que existe una incapacidad para manejar la carga de datos lo que afectaría la experiencia del usuario. Además, la latencia que es la cual se refiere al tiempo que tardan los datos en transportarse desde el dispositivo del usuario hasta su destino y viceversa el cual también es un indicador importante en el rendimiento del router.

Costo: Se discutirá en términos sólo de hardware e instalación. Al referirnos del hardware del router se puede incluir componentes como paneles solares, baterías e inversores. El costo de estos componentes varía según la calidad, la capacidad y la marca del mismo. Adicional a esto la instalación del router usualmente puede implicar costos adicionales como la mano de obra y materiales de instalación.

Aplicabilidad: Se analizará la aplicabilidad de los routers dentro de sistemas solares en varios escenarios climáticos. Estos sistemas pueden dar una solución sostenible y rentable para el acceso a Internet. Adicional a esto dentro del Ecuador se está pasando por un racionamiento eléctrico y por esto se pueden verse interrumpida la conexión a internet, es ahí donde el sistema propuesto puede ser aplicado como medio de apoyo para la conexión a Internet la cual sería muy útil en una emergencia de cualquier tipo.

La profundización en la investigación de los router con paneles solares todavía está en sus inicios, en estos últimos años ha habido un sin número de avances. Los routers alimentados por paneles solares tienen muchas ventajas ya que no dependen de una red eléctrica, son de bajo costo dependiendo del dimensionamiento y el consumo que el router necesita. Este prototipo tiene varios escenarios de aplicación esto no quiere decir que no existan problemáticas por resolver, las cuales pueden ser tratar de mejorar la eficiencia, reducir el costo ampliar la vida útil.

Evaluar en la actualidad la investigación de routers alimentados con paneles solares tiene un papel fundamental para la comprensión general del caso, sus aplicaciones y los problemas que pueden y deben superarse para una adaptación generalizada. Este artículo puede abrir el camino para el desarrollo y una correcta implementación exitosa de los cuales se buscará que contribuyan significativamente a la mejora de la conectividad y aún mejor acceso de Internet a lugares de difícil acceso o como alternativa amigable.

En la actualidad este tipo de investigaciones abarcan un sin número de características que van desde qué tipo de diseño se deberá utilizar, cuál sería el correcto y optimizado su uso. Existen avances significativos en eficiencia de paneles solares, su capacidad de almacenamiento de energía y la integración de sistemas de gestión inteligente las cuales logran optimizar el rendimiento del mismo en diversas condiciones y cargas de trabajo.

No obstante, claro que existen desafíos que deben abordarse para lograr la adopción general de los router solares. En los cuales se tiene incluido en la reducción de costos, una mejora de la eficiencia energética, la interoperabilidad con diferentes infraestructuras existentes, capacitación de los usuarios y técnicos en su instalación y mantenimiento, además se necesita un mayor enfoque investigativo en las áreas de durabilidad, seguridad cibernética y sostenibilidad ya que esto garantizaría y determinaría un prototipo confiable, seguro y respetuoso con el medio ambiente.

VIII.II Trabajos relacionados (related works)

Del siguiente trabajo [23], se analiza un mismo tipo de objetivo el cual es la utilización de paneles solares para la alimentación de routers, en este se considera de manera más lucrativa el proyecto ya que la visión es llegar y proporcionar red de Internet a zonas rurales en las cuales es muy costosa la implementación de estos servicios y busca un retorno de inversión ya que tiene como objetivo una ganancia lucrativa. Se comparará el análisis del diseño del prototipo el cual es similar con algunas modificaciones por el lugar de implementación, el funcionamiento adecuado del router y los valores o gastos en la implementación de este sistema.

En términos de diseño del prototipo, aunque comparte similitudes con otros proyectos en cuanto al uso de paneles solares y routers, es probable que presente modificaciones específicas adaptadas a las necesidades y condiciones rurales. Estas modificaciones pueden incluir consideraciones sobre la durabilidad de los equipos, la capacidad de resistir condiciones climáticas extremas y la facilidad de mantenimiento en áreas remotas.

Teniendo en cuenta que la calidad y la estabilidad de la conexión a Internet son clave para los usuarios finales, es vital que las operaciones del enrutador sigan bajo control. Especialmente en áreas con conectividad limitada, la dependencia de la conexión a Internet se vuelve aún más importante. Por lo tanto, la eficiencia del consumo de energía, la confiabilidad del sistema y la inmunidad ante cortes eléctricos o fallas de equipos deben formar parte fundamental del diseño y la implementación del proyecto.

El trabajo relacionado con los costos de implementación se abordará más adelante en este informe y abarcará los aspectos del análisis del retorno de la inversión, el análisis de los costos operativos y el impacto económico a largo plazo. Se examinará factores como los costos de capital inicial del equipo, tarifas de servicio de Internet, tarifas de mantenimiento, etc., que pueden contrastarse con los ingresos potenciales generados por servicios adicionales como telefonía o acceso a plataformas en línea.

Se encontró un estudio de investigación [24] Los resultados proporcionan estimaciones de la cantidad de paneles necesarios, inversores, voltaje y corriente máximos permitidos, así como el rendimiento del sistema y un análisis económico. También nos permite tener una idea de cuánto se podrían reducir las emisiones de carbono asociadas.

Un ejemplo de esta práctica, como se muestra en un estudio de caso, demuestra que, desde el punto de vista técnico y económico, es factible alimentar sistemas fotovoltaicos aislados. Mediante esta técnica se realiza el dimensionamiento de los elementos técnicos de un sistema y, además, incluye un análisis exhaustivo de la economía. Como parte del mismo, el análisis de costos incluye la evaluación de los precios de los componentes, de energía y la situación financiera a largo plazo. Además, el valor medioambiental influye en si vale la pena implementar el proyecto porque también se deben considerar las emisiones de carbono que se evitarían con energía solar en vez de generada convencionalmente. Utilizando un estudio de caso real como ejemplo, el informe muestra que esta estrategia es técnicamente posible y económicamente sostenible para los sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

Esto significa que no solo nos da resultados teóricos, sino también mediante la práctica en un ejemplo real. Y es una de ventaja significativa dentro de este enfoque es su capacidad para calcular el tamaño y eficiencia del sistema para evitar el alza de costos sobredimensionando el equipo.

IX. Metodología

IX.I Métodos y Técnicas de recopilación de datos empleados

Para recopilar los datos necesarios, se emplean conceptos fundamentales de electrónica. En la primera etapa, se centra en el análisis del consumo energético del router dentro del hogar. Se lleva a cabo un levantamiento de cargas eléctricas, que implica recolectar datos de consumo diario del router durante al menos una semana en las horas de consumo prolongados del servicio de internet (8:00 AM – 12: 00 AM). Este período garantiza resultados fiables y proporciona información valiosa para el análisis de carga y la selección de los equipos necesarios. Se utilizan dispositivos de medición adecuados, como el Arduino UNO, junto con sensores como el ACS712 para obtener mediciones precisas del consumo de energía del router.

IX.II Métodos y técnicas de análisis de datos.

El proyecto consta de 2 etapas, las cuales son el análisis del consumo energético de un router dentro de condiciones domésticas, y diseño de sistema de energía solar. para mantener el servicio de internet ininterrumpido. Una vez recopilados los datos de consumo energético del router, se procede al análisis de estos datos, evaluar las fluctuaciones en el consumo a lo largo del tiempo. Este análisis proporciona información crucial para dimensionar adecuadamente el sistema de energía solar y garantizar que pueda satisfacer las necesidades energéticas del router de manera eficiente y confiable.

La metodología empleada combina la recopilación precisa de datos de consumo energético del router con un análisis detallado de estos datos para elaborar el diseño y la implementación del sistema de energía solar. Este enfoque garantiza que el sistema diseñado sea capaz de mantener el servicio de Internet de manera ininterrumpida, satisfaciendo las necesidades energéticas del router en condiciones domésticas.

IX.III Levantamiento de cargas eléctricas:

Se procede a recolectar los datos de consumo diario del router como se muestra en la tabla 1 en un periodo de al menos una semana es suficiente para obtener resultados fiables, esta medición constante ayudara al análisis de carga y la selección de los equipos [24]. La medición constante del consumo eléctrico del router proporciona información detallada sobre los picos de demanda de energía, así como sobre los patrones de uso a lo largo del día. Esta información es esencial para realizar un análisis de carga preciso y para seleccionar los equipos solares adecuados que puedan satisfacer las necesidades energéticas del router de manera eficiente.

Durante el levantamiento de cargas eléctricas, es importante tener en cuenta varios factores, como la variabilidad del consumo durante diferentes momentos del día, los días de mayor y menor demanda, así como los posibles cambios estacionales en el consumo. Esto garantiza que el sistema de paneles solares esté diseñado para satisfacer las demandas energéticas del router de manera confiable en diversas condiciones. Este análisis se realizará con el uso de la tarjeta procesadora Arduino UNO la cual se conecta al ordenador, donde también se conectará el sensor de consumo eléctrico ACS712 que será aquel monitoree y calcule el consumo energético del equipo.

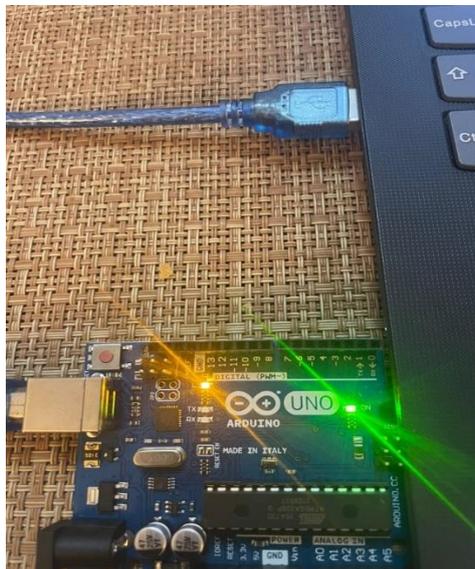


Figura 6 Dispositivo Arduino UNO conectado a la PC. Fuente: Autores

Para la implementación del sensor se tendrá que conectar primero a la línea de carga que será el router, el primer pin del sensor se conecta a tierra, el segundo será el voltaje analógico y el tercero será a la alimentación de 5 voltios.



Figura 7 Circuito de medición de corriente usando Arduino. Fuentes: Autores

El voltaje de salida del ACS712 es proporcional a la potencia del sensor. Incluye compensación de 2,5 V para centrar la referencia de modo que se puedan medir las intensidades positivas y negativas [25].

9.4 Conexión a la línea de carga (router): El sensor ACS712 debe conectarse en serie con la línea de carga del router para medir la corriente que fluye a través de él.

9.5 Conexión a tierra: El primer pin del sensor ACS712 se conecta a tierra (GND) para establecer un punto de referencia común.

Conexión al voltaje analógico: El segundo pin del sensor ACS712 se conecta al pin analógico de la placa Arduino UNO. Este pin recibe la señal analógica del sensor, que es proporcional a la corriente medida.

Conexión a la alimentación de 5 voltios: El tercer pin del sensor ACS712 se conecta a la fuente de alimentación de 5 voltios de la placa Arduino UNO. Esto proporciona la energía necesaria para el funcionamiento del sensor.

El voltaje de salida del sensor ACS712 es proporcional a la corriente que fluye a través de él. La compensación de 2,5 V asegura que la salida del sensor esté centrada alrededor de este valor, lo que permite medir tanto corrientes positivas como negativas. Esto significa que el voltaje de salida del sensor aumentará por encima de 2,5 V cuando la corriente fluya en una dirección y disminuirá por debajo de 2,5 V cuando fluya en la dirección opuesta.

En ocasiones las lecturas pueden contener errores de medición, en cuyo caso es necesario recalibrar y encontrar el valor verdadero, ya que el valor del fabricante no es exacto. tenga en cuenta que existe una relación lineal entre el voltaje de salida y la corriente del sensor.

$$V = 2.5 + K.I \rightarrow I = \frac{V-2.5}{K} \quad (1)$$

Donde:

V: Es la tensión de salida del sensor (V).

I: Es la corriente en amperios (A).

K: Es la sensibilidad (K) o pendiente de la recta (m).

El entorno de programación donde se va a implementar el código y poder determinar el análisis del consumo de un router es “ARDUINO IDE” debido a que permitirá cargar el código dentro de la placa Arduino UNO y correrlo de una manera más eficiente [26].

Desarrollo del código: En Arduino IDE, se puede escribir el código necesario para medir y analizar el consumo de energía del router. Esto implica configurar los pines de entrada y salida, establecer la comunicación con el sensor ACS712, leer los datos del sensor y realizar los cálculos necesarios para determinar el consumo de corriente del router.

Carga del código en la placa Arduino: Una vez que se haya desarrollado el código, puedes cargarlo en la placa Arduino UNO conectándola a tu computadora mediante un cable USB. Arduino IDE reconoce automáticamente la placa Arduino y te permite seleccionar el puerto de comunicación adecuado.

Compilación del código: Antes de cargar el código en la placa, se debe compilarlo para asegurarte de que no haya errores de sintaxis ni de otro tipo. La función de compilación de Arduino IDE verifica el código y genera el archivo binario (.hex) que se cargará en la placa.

Ejecución del código y análisis del consumo: Una vez que el código se ha cargado correctamente en la placa Arduino UNO, se puede ejecutarlo para comenzar a medir el consumo de energía del router. El código recopilará datos del sensor ACS712 y los procesará para determinar el consumo de corriente del router en tiempo real. Estos datos pueden ser utilizados para realizar análisis posteriores sobre el consumo de energía y optimizar el funcionamiento del sistema de paneles solares.

Arduino IDE proporciona un entorno de desarrollo completo y fácil de usar para implementar el código necesario y realizar el análisis del consumo de un router alimentado por energía solar. Su interfaz intuitiva y sus herramientas de compilación y carga simplifican el proceso de desarrollo y permiten una rápida iteración y depuración del código.

Luego de proceder con la implementación del código en el programa y que el Arduino UNO haya sido reconocido dentro del programa como se visualiza en la figura 7 se procederá a compilar el código para finalmente ejecutarlo y realizar el análisis del consumo necesario del router y tenerlo en cuenta dentro de este estudio.

Para calcular la corriente (I) se debe usar la fórmula

$$I = \frac{P}{V} \quad (2)$$

Donde

I es la corriente en amperios (A)

P es la potencia en vatios (W)

V es el voltaje en voltios (V)

Dado que ya tenemos la potencia del router y el voltaje es constante en 12V, se puede calcular la corriente correspondiente, a continuación se muestran los datos obtenidos durante la semana del 4 al 10 de marzo en un lapso de 16 horas al día desde las 8 AM a las 0:00 AM :

Hora	Potencia del Router (W)	Corriente (A)	Voltaje (V)
8:00	3.8	0.31667	12
9:00	3.9	0.32500	12
10:00	4.4	0.36667	12
11:00	4.7	0.39167	12
12:00	3.2	0.26667	12
13:00	3.9	0.32500	12
14:00	4.5	0.37500	12
15:00	5.1	0.42500	12
16:00	5.4	0.45000	12
17:00	4.9	0.40833	12
18:00	4.1	0.34167	12
19:00	3.6	0.30000	12
20:00	2.9	0.24167	12
21:00	2.1	0.17500	12
22:00	1.3	0.10833	12
23:00	1.3	0.10833	12
0:00	1.4	0.11667	12
8:00	3.3	0.27500	12
9:00	3.8	0.31667	12
10:00	4.2	0.35000	12
11:00	4.7	0.39167	12
12:00	3.5	0.29167	12
13:00	3.3	0.27500	12



14:00	4.1	0.34167	12
15:00	4.5	0.37500	12
16:00	4.9	0.40833	12
17:00	4.6	0.38333	12
18:00	4.1	0.34167	12
19:00	3.6	0.30000	12
20:00	2.9	0.24167	12
21:00	2.1	0.17500	12
22:00	1.4	0.11667	12
23:00	1.3	0.10833	12
0:00	1.4	0.11667	12
8:00	4.2	0.35000	12
9:00	3.9	0.32500	12
10:00	3.5	0.29167	12
11:00	4.5	0.37500	12
12:00	3.2	0.26667	12
13:00	3.9	0.32500	12
14:00	2.9	0.24167	12
15:00	3.2	0.26667	12
16:00	4.7	0.39167	12
17:00	4.9	0.40833	12
18:00	4.1	0.34167	12
19:00	3.6	0.30000	12
20:00	2.9	0.24167	12
21:00	2.1	0.17500	12
22:00	2.3	0.19167	12
23:00	2.5	0.20833	12
0:00	2.1	0.17500	12
8:00	3.1	0.25833	12
9:00	3.9	0.32500	12
10:00	4.4	0.36667	12
11:00	4.7	0.39167	12
12:00	3.2	0.26667	12
13:00	3.9	0.32500	12
14:00	4.5	0.37500	12
15:00	5.1	0.42500	12
16:00	5.4	0.45000	12
17:00	4.9	0.40833	12
18:00	4.1	0.34167	12
19:00	3.6	0.30000	12
20:00	2.9	0.24167	12



21:00	2.1	0.17500	12
22:00	1.3	0.10833	12
23:00	1.3	0.10833	12
0:00	1.4	0.11667	12
8:00	3.8	0.31667	12
9:00	3.9	0.32500	12
10:00	4.4	0.36667	12
11:00	4.7	0.39167	12
12:00	3.2	0.26667	12
13:00	3.9	0.32500	12
14:00	4.5	0.37500	12
15:00	5.1	0.42500	12
16:00	5.4	0.45000	12
17:00	4.9	0.40833	12
18:00	4.1	0.34167	12
19:00	3.6	0.30000	12
20:00	2.9	0.24167	12
21:00	2.1	0.17500	12
22:00	1.3	0.10833	12
23:00	1.3	0.10833	12
0:00	1.4	0.11667	12
8:00	3.8	0.31667	12
9:00	3.9	0.32500	12
10:00	4.4	0.36667	12
11:00	4.7	0.39167	12
12:00	3.2	0.26667	12
13:00	3.9	0.32500	12
14:00	4.5	0.37500	12
15:00	5.1	0.42500	12
16:00	5.4	0.45000	12
17:00	4.9	0.40833	12
18:00	4.1	0.34167	12
19:00	3.6	0.30000	12
20:00	2.9	0.24167	12
21:00	2.1	0.17500	12
22:00	1.3	0.10833	12
23:00	1.3	0.10833	12
0:00	1.4	0.11667	12
8:00	3.8	0.31667	12
9:00	3.9	0.32500	12
10:00	4.4	0.36667	12



11:00	4.7	0.39167	12
12:00	3.2	0.26667	12
13:00	3.9	0.32500	12
14:00	4.5	0.37500	12
15:00	5.1	0.42500	12
16:00	5.4	0.45000	12
17:00	4.9	0.40833	12
18:00	4.1	0.34167	12
19:00	3.6	0.30000	12
20:00	2.9	0.24167	12
21:00	2.1	0.17500	12
22:00	1.3	0.10833	12
23:00	1.3	0.10833	12
0:00	1.4	0.11667	12

Tabla 1 Datos de consumo obtenidos mediante Arduino UNO. Fuente: Autores

Dado los resultados de la Tabla 1 se procedió a sacar un promedio de los valores tomados mediante el código empleado y este valor de corriente promedio es 0,29272 multiplicando este resultado dará la potencia promedio del router que será de 3,5W con estos resultados se determina también la energía promedio que el router podría consumir durante el tiempo de funcionamiento del circuito que serían entre 3 y 4 horas respectivamente.

$$(W) = (A) * (V) \quad (3)$$

$$\text{Potencia: } 0.29272 \text{ A} * 12 \text{ V} = 3,5 \text{ W}$$

$$\text{Energía diaria: } 3,5 \text{ W} * 4\text{h} = 14 \text{ Wh}$$

Donde:

W= Potencia

V=Voltaje

A=Corriente

La corriente consumida aumenta gradualmente desde la mañana hasta la tarde, alcanzando su punto máximo alrededor de las 16:00 horas y luego disminuyendo hacia la noche. Esto sugiere que el consumo de energía es más alto durante las horas del día, cuando se utilizan más dispositivos.

Aunque hay variaciones en la corriente y la potencia, el voltaje se mantiene constante en 12 V, lo que sugiere que el sistema eléctrico es estable y bien regulado. La eficiencia del sistema puede evaluarse observando cómo la potencia consumida varía en relación con la corriente y el voltaje. Una relación constante entre estos valores sugiere una mayor eficiencia en la conversión de energía.

Los patrones de consumo de energía a lo largo del día pueden ayudar a identificar momentos de mayor demanda y optimizar el uso de recursos energéticos, como la carga de baterías durante períodos de baja demanda.

Es fundamental considerar los aspectos operativos iniciales del sistema que se analizarán dentro de los componentes del sistema fotovoltaico los valores a cubrir en el circuito, ya que es crucial identificar todo el análisis de carga de todos los elementos para evaluar el potencial de generación del sistema fotovoltaico. De igual manera, también se debe tener en cuenta las condiciones específicas del lugar donde se instalarán los paneles [26].

IX.IV Ángulo de inclinación de paneles solares

Calcular manualmente la inclinación de un panel solar implica emplear fórmulas y ecuaciones específicas diseñadas para determinar el ángulo apropiado. Estas expresiones consideran la latitud del lugar, la estación del año y otros factores pertinentes que se detallan en la tabla 2.

Coordenadas y características geográficas y climáticas de Guayaquil	
Latitud:	2.227989°S
Longitud:	79° 53' 22.4304" W
Altura del sector:	60 msm
Temperatura promedio	30°C c

Tabla 2: Coordenadas donde se instalarán el sistema. Fuente: Autores

A Las coordenadas se obtuvieron en el software Google Maps

B El sitio a instalar los paneles solares será la Universidad Politécnica salesiana

C Los datos sobre la temperatura promedio de Guayaquil se encuentran en el grafico del INAMHI como se visualiza en la figura 9.

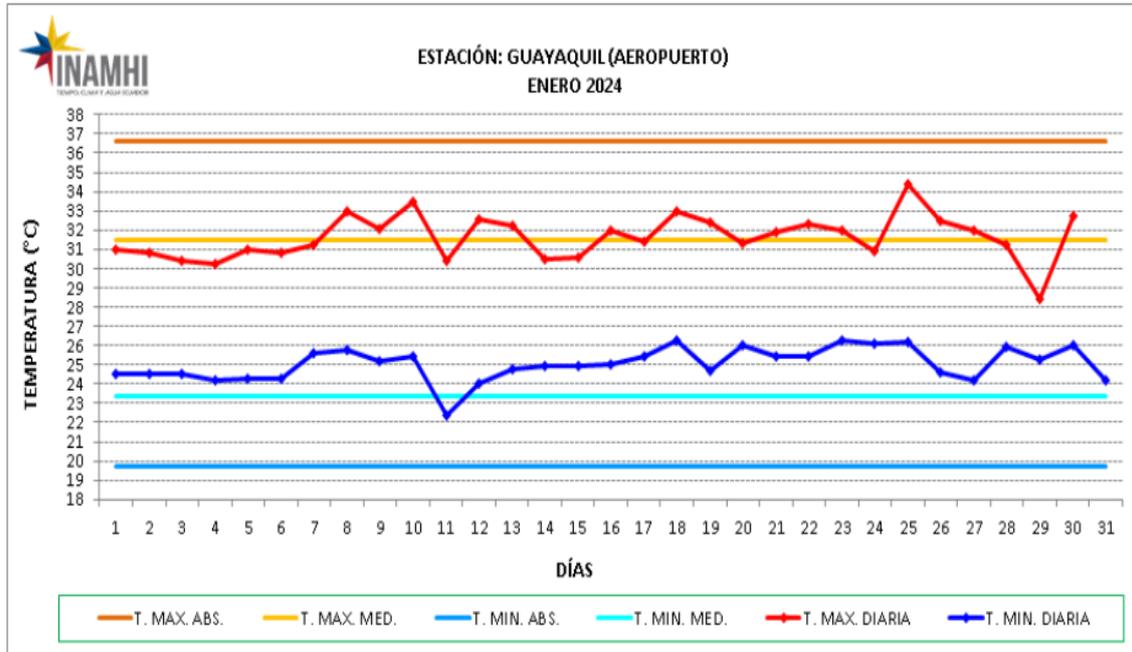


Figura 8 Datos sobre temperatura promedio de GYE en enero 2024. Fuente: [27]

Para realizar un óptimo cálculo de inclinación de los paneles solares fotovoltaicos se tiene la siguiente formula:

$$\text{Angulo de inclinacion} = \text{Latitud del sitio a ubicar los paneles} \pm 15 \quad (4)$$

Hay que siempre guiarse por la fórmula (3) la cual afirma que todo dependerá en la estación del año donde se encuentre ubicados los paneles solares se le sumará (+) 15° para el invierno debido a que existe menos incidencia solar en esa época mientras que verano se realizará la operación contraria ya que se restará (-) 15° a la latitud del sitio para determinar su ángulo.

Ejecutando los cálculos, teóricamente se debe utilizar un ángulo de inclinación de 18° en el invierno mientras que en verano será de 13° . Este cálculo es teórico por lo que estos podrían verse un poco modificados al momento de la instalación del panel.

Por lo cual, se escogerá una inclinación de 20° en invierno basándose en la recomendación de un estudio realizado en la ciudad de Guayaquil [28] dado que durante el invierno la incidencia solar es más perpendicular, se ajusta la inclinación del panel de manera más horizontal para recibir los rayos de manera más directa como se observa en la figura 10.

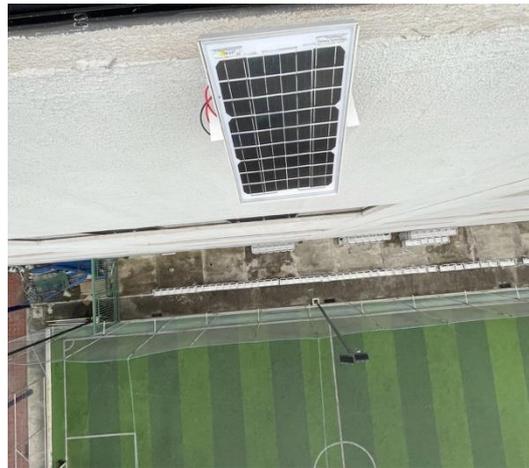


Figura 9 Implementación del panel solar. Fuente: Autores

IX.V Selección del sistema fotovoltaico

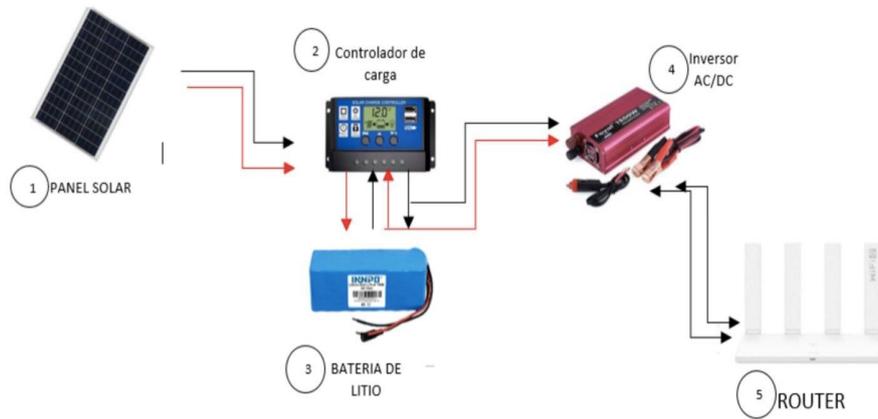


Figura 10 Prototipo del sistema de comunicaciones inalámbricas autosuficiente. Fuente: Autores

De acuerdo con el análisis de la tabla (1) sobre el consumo de un router se requiere generar al menos 16Kwh/día considerando lo que consume el circuito y las horas solares en la ciudad de Guayaquil.

Tabla 3 Consumo de router. Fuente: Autores

Carga	Consumo (W)	Cantidad	Horas(h)	Consumo (Kwh/Día)
Router	5,4	1	3	16,2

Se procedió a buscar paneles solares con las características posibles para poder realizar y comprar los elementos acordes a la necesidad del router por lo que se utilizó las características de un panel solar que se acercaba a lo requerido para realizar una simulación en el software web que es una calculadora solar para instalación aislada y saber la cantidad de paneles y elementos que necesarios para armar el circuito.

Es importante que la energía fotovoltaica siempre debe ser regulada y estandarizada la cual está dada por algunos tipos de protocolos los cuales deben seguir estos paneles solares. En esta investigación se usará paneles fotovoltaicos que cumplan con el protocolo IEC 61215 Ed, esta norma establece los requisitos que debe cumplir para tener una calificación de diseño y una aprobación de tipo de paneles solares fotovoltaicos terrestres los cuales deben ser adecuados para lograr operar diferentes tipos de aire libre a corto y largo plazo.

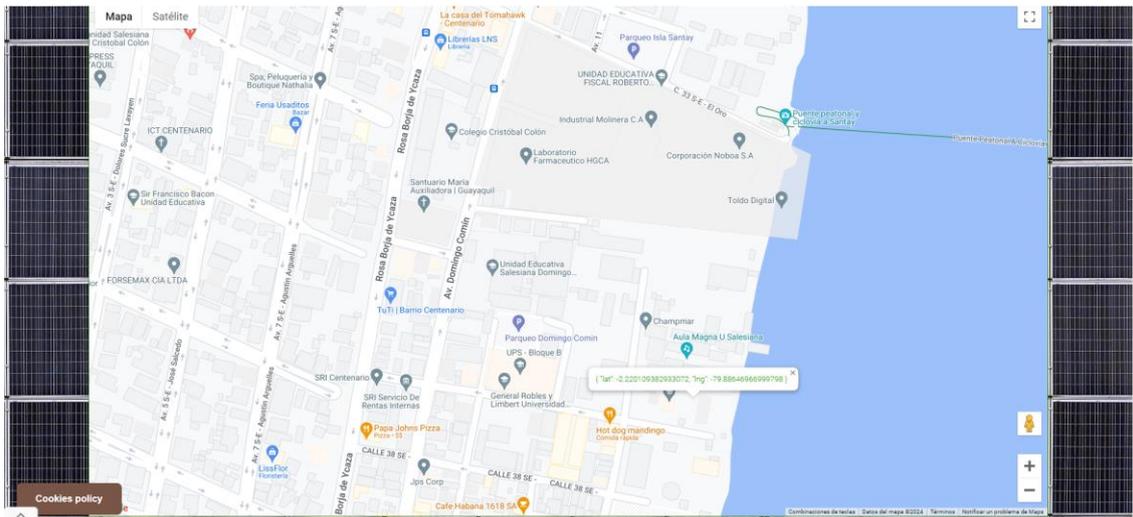


Figura 11 Ubicación geográfica de donde se instalará el sistema. Fuente: Autores

Primero se necesitará las coordenadas de donde serán colocados los paneles solares para poder calcular Horas Solares Picos (HSP) del sitio de ubicación.



Configuración del sistema

Consumo Dia (en W)	16	Optimizar inclinacion	SI <input type="button" value="v"/>
I max. panel	0.56	Voltaje Bateria	12
Voltaje Panel	18	Prof. Descarga Max Dia	2
I. Max. Panel en Cortocircuito	1.16	Pot panel	10
Inclinacion Sobre plano Horizontal	0	Selecciones datos atener en cuenta	Promedio <input type="button" value="v"/>
Potencia simultanea en AC	10	Inclinacion cubierta	5
Altura panel	1.58		

Figura 12 Parámetros para realizar la simulación. Fuente: Autores

Luego se pondrán las características necesarias del panel como se muestra en la figura 12 seleccionado para poder realizar la simulación y saber la cantidad y potencia que se necesita para que el circuito funcione adecuadamente.

Pagina del Reporte conforme los datos suministrados

Consumo por dia : 16W	Latitud: -2.2201093829331
Inclinacion plano Horizontal: 0°	Longitud: -79.886469669998
Resultados :	-Peor Mes : 4.12 - Junio -Mejor Mes: 5.33 - Septiembre -Promedio : 4.71 -Opcion elegida : 4.71 -Esta es la opcion que se utilizara para todos los calculos
Paneles Necesarios: 1	Amp. Hora: 1.3333333333333
Grupo Paneles Serie: 1	Potencia Inversor: 48-W Sobredimensionado para soportar picos
Grupo Paneles Paralelo: 1	Capacidad Bat Ah: 0.66666666666667-Ah
Capacidad Nom. Bateria: 8-Wh	Entrada Regulador: 1.45-A
Salida Regulador: 0.55-A	Distancia minima entre filas para evitar sombras: -0.04metros

Figura 13 Resultados de la simulación. Fuente: Autores

De acuerdo a los datos proporcionados el resultado de la simulación se lo muestra en la Figura 13 por lo que utilizara elementos los más cercanos a los resultados para construir el circuito y no exista perdida de energía o se sobredimensione el circuito.

Basándose en el circuito mostrado en la figura a elegir 1 panel solar con las siguientes especificaciones:

Tabla 4:

Descripción	Cantidad
Cantidad de paneles	1
Voltaje (V_{mp})	18 (V)
Voltaje (V_{oc})	22 (V)
Voltaje max sistema	1000 (V)
Potencia máxima	10(W)
Corriente máxima en ISC	1.16(A)

Características del panel solar usado en el sistema. Fuente: Autores

IX.VI Selección del inversor:

Calcular la potencia del router:

$$(P) = (V) * (A) \quad (4)$$

$$(P) = 12 V * 0.292 A = 3.504 W$$

Donde:

(V) =Voltaje del router

(A) =Corriente promedio de consumo del router

(P) =Potencia promedio del router

Considerar la eficiencia del inversor:

La eficiencia del inversor ronda el 80%.

$$\text{Potencia del inversor} = \text{Potencia del router (W)} / \text{Eficiencia del inversor} \quad (5)$$

$$\text{Potencia del inversor (W)} = 3.504 W / 0.8 = 4.38 W$$

Donde:

(P)= Potencia del router

(E)= Eficiencia del inversor

En este caso, se necesitaría un inversor de al menos 4.38 W para alimentar el router.

Sin embargo, es recomendable elegir un inversor con una potencia ligeramente superior a la necesaria para tener un margen de seguridad.

Por lo tanto, un inversor de 10 W o 15W sería una buena opción.

Si se van a conectar otros dispositivos al inversor, se debe sumar la potencia de esos dispositivos al calcular la potencia total del inversor.

Suponiendo que el prototipo esta potenciado a ser mejorado, lo mejor sera utilizar un inversor económico y que permita adaptar mas componentes y que al implementarlo no haya fallas en el circuito, por eso se escogerá un inversor de 100 W el cual su eficiencia verdadera del 80% ósea 80 W los cuales serán suficientes para alimentar el router y si se añadirá alguna mejora, este seguirá funcionando sin algún problema, en beneficio / precio este inversor es el ideal para una futura escalabilidad.

Se eligió un inversor de 100W y este no solamente dará suficiente potencia para encender el router, como se observa en la figura 14 que servirá para dar la potencia suficiente al circuito y poder encender el router y que este funcione de manera estable, además de asegurar que la energía generada pueda ser compatible con la red eléctrica y utilizable en los hogares. Además, contribuye a optimizar el rendimiento del sistema y facilita el monitoreo y la gestión eficiente.

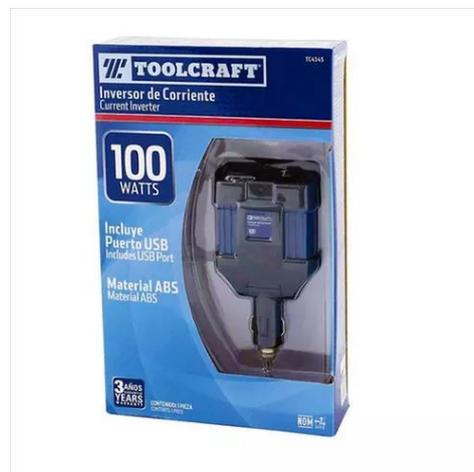


Figura 14 Inversor de corriente. Fuente: [18]

IX.VII Selección de la batería

Almacenamiento de Energía

La elección de baterías de ciclo profundo es aconsejable de acuerdo con [31], ya que estas tienen la capacidad de descargarse hasta un 20% de su capacidad sin experimentar daños. Así mismo, se sugiere contar con la disponibilidad de carga suficiente para cubrir un periodo de 2 a 3 días en ciclos de 3 horas por lo que se seleccionó una batería con las siguientes características de acuerdo a los cálculos realizados en la ecuación 4.

$$Qd = \frac{Wd}{Un} \quad (6)$$

Donde:

Qd: es el consumo medio diario

Wd: Es la energía consumo diario (Wh / día)

Un: Es la tensión nominal del sistema de acumulación o baterías (V)

Tipo de batería	VRLA (Ventilada Regulada por Válvula)
Voltaje	12 V
Capacidad	4 Ah
Tasa de descarga	20 hr

Tabla 5 Características de la batería a utilizar. Fuente: Autores

IX.VIII implementación práctica de componentes del prototipo

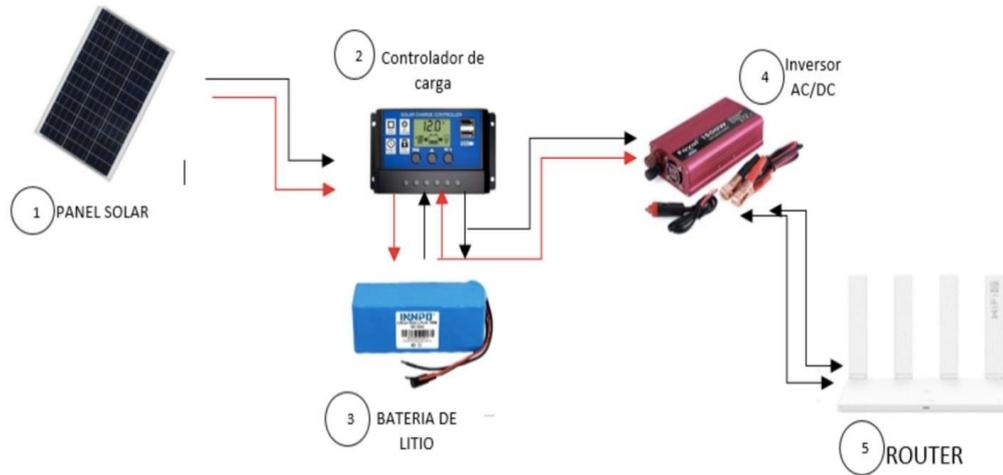


Figura 15 Prototipo del sistema de comunicaciones inalámbricas autosuficiente. Fuente: Autores

Para instalar paneles solares, el procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Seleccionar la ubicación

El primer paso es seleccionar la ubicación de los paneles solares. Lo ideal es que estén orientados hacia el sur como se determinó previamente al igual que su ángulo de inclinación, el cual se demostró que por fenómenos no controlables que pueden afectar al funcionamiento, se usara un ángulo de 20 grados.



Figura 16 Ubicación de componentes del prototipo. Fuente: Autores

2. Instalación del panel

Una vez que se haya seleccionado la ubicación, se deben ensamblar el panel solar el cual tiene por dimensiones 24x35 cm con una capacidad de 12 V como se indica anteriormente en los cálculos, existen paneles solares de todo tipo de medida y voltaje que se adapte a la necesidad de uso. Es importante asegurar que todos los tornillos y tuercas estén bien ajustados.



Figura 17 Ensamble del panel solar. Fuente: Autores

3. Instalar el cableado

Los paneles solares se conectan al controlador de carga al estar conectados en paralelo hace que aumente la corriente, mientras que las conexiones en serie aumentan el voltaje.



Figura 18 Instalación de cableado. Fuente: Autores

4. Conector el inversor

El inversor convierte la corriente continua (CC) del panel solar en corriente alterna (CA) utilizada en su hogar y se conecta al controlador de carga para que pueda ser alimentado por la batería.

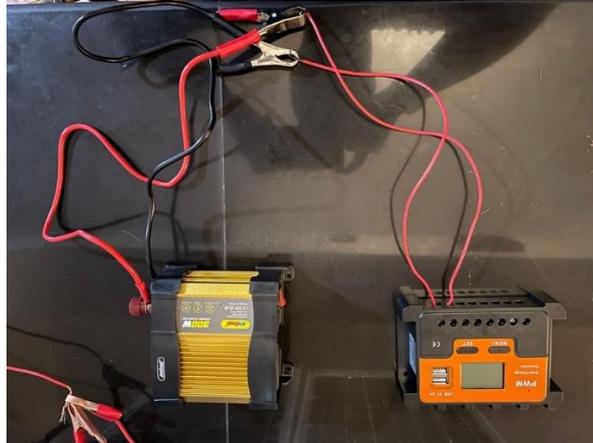


Figura 19 Conexión del inversor al controlador de carga. Fuente: Autores

5. Conectar la batería

Una vez que los paneles solares estén generando energía, esta energía se dirigirá al controlador de carga, que se encarga de regular la carga y descarga de la batería. La batería se conecta al controlador de carga para almacenar la energía generada por los paneles solares. Esto asegura que haya energía disponible incluso cuando no haya suficiente luz solar para alimentar directamente el router. Es importante seguir las instrucciones del fabricante para la correcta conexión de la batería al controlador de carga y asegurarse de que esté bien conectada para cargar de manera segura y eficiente.

6. Conectar el router al inversor

Una vez que la batería esté conectada y recibiendo energía de los paneles solares a través del controlador de carga, el siguiente paso es conectar el router al inversor. El inversor convierte la corriente continua (CC) almacenada en la batería en corriente alterna (CA) que puede ser utilizada por el router y otros dispositivos eléctricos. El router se conecta al inversor para que pueda ser alimentado por la energía almacenada en la batería. Es importante asegurarse de que el inversor esté encendido y funcionando correctamente antes de conectar el router. Además, se deben seguir las especificaciones del fabricante del inversor para garantizar una conexión segura y eficiente del router.

Selección de tecnologías:

Se analiza la tecnología Wi-Fi la cual hace referencia a un tipo de Red inalámbrica a través de la cual varios dispositivos electrónicos como computadoras, dispositivos móviles y otros equipos logran tener una interacción con Internet lo cual permite que intercambie información entre sí y establezca una Red. Esta conectividad a Internet se logra a través de un router inalámbrico por el cual accedemos a internet.

Análisis de Rendimiento de la Comunicación:

Una vez instalado todo el sistema se procede a realizar un testeo de velocidad del router alimentado con energía fotovoltaica para hacer una comparación con el router alimentado con energía eléctrica, si no existe ningún problema de funcionamiento el prototipo es un éxito.

Es importante que se cumplan con los protocolos de red (IP (Internet Protocol): Esencial para la comunicación en Internet y redes locales. Define el formato de los paquetes de datos y cómo se enrutan a través de la red y TCP (Transmission Control Protocol): Proporciona un intercambio de datos confiable entre dispositivos mediante la segmentación y reensamblaje de datos, y la gestión de conexiones, especificados para el uso del router ya que éstos son estándares y políticas que están conformados por restricciones, procedimientos y varios formatos los cuales definen al intercambio de información para lograr una correcta comunicación entre dos servidores o más dispositivos a través de una Red.

Como principal protocolo al usar una Red Wi-Fi se tiene el protocolo TCP (protocolo de control de transmisión) e IP (Protocolo de internet) los cuales de manera conjunta pueden enlazar dispositivos que accedan a la Red.

Estos pasos son fundamentales para garantizar que el sistema de energía solar funcione correctamente y proporcione energía suficiente al router para su funcionamiento continuo. Es importante realizar todas las conexiones siguiendo las instrucciones del fabricante y tomar las precauciones necesarias para garantizar la seguridad y eficiencia del sistema.

La instalación de paneles solares es un proceso sencillo que se puede realizar siguiendo los pasos anteriores. Es importante contar con las herramientas y conocimientos necesarios para completar la instalación de forma segura y eficiente.

Simulación en Software HOMER PRO

Por el uso constante de tecnologías con el tiempo se han llegado a desarrollar simuladores de sistemas fotovoltaicos que permitirán representar los elementos a usar en el circuito, las herramientas están diseñadas para simplificar procesos, modelado, análisis.

Existen muchos tipos de estas herramientas /simuladores, pero las más utilizadas son las siguientes:

- PVSyst
- Homer Pro
- PV*SOL PREMIUM 2021
- PV F-Chart

Se escogió la herramienta Homer Pro debido a que cuenta con diferentes opciones y análisis que son útiles al momento de diseñar el circuito fotovoltaico.

Homer pro es un programa que se utiliza para crear simulaciones sobre sistemas fotovoltaicos aislados o conectados a la red pública, en el caso de este artículo se realizara un sistema aislado debido a que no está conectado a la red pública.

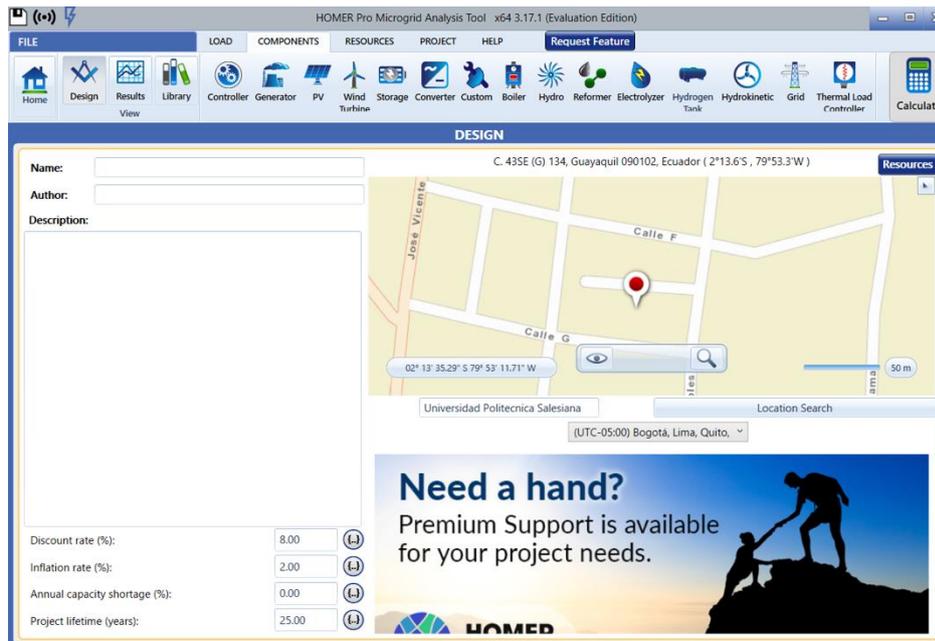


Figura 20 Insertar coordenadas del sitio a ubicar el sistema. Fuente: Autores

De acuerdo a la figura 20 es necesario conocer la ubicación del sitio a instalarse el sistema debido a que esto influenciara debido a la irradiancia solar.

Para proseguir con el análisis se colocará las características de los demás elementos en el sistema y la modelación de las cargas del mismo sistema (inversor, batería, panel solar)

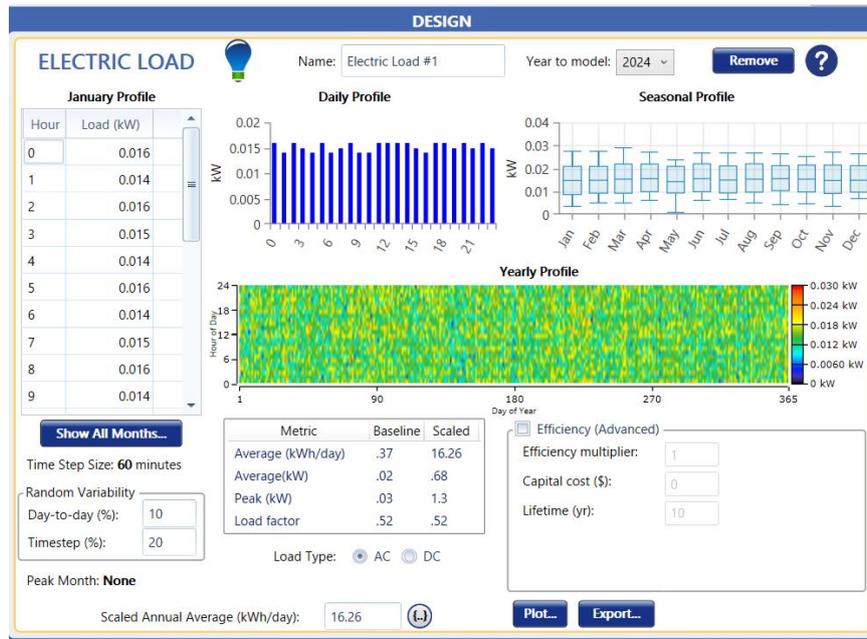


Figura 21 Modelación de cargas en software HOMER PRO. Fuente: Autores

Para la modelación de carga es necesario saber el consumo de nuestro router como se analizó en la tabla 3 se necesita 16,2 Kwh/día para que el router funcione de manera eficiente.

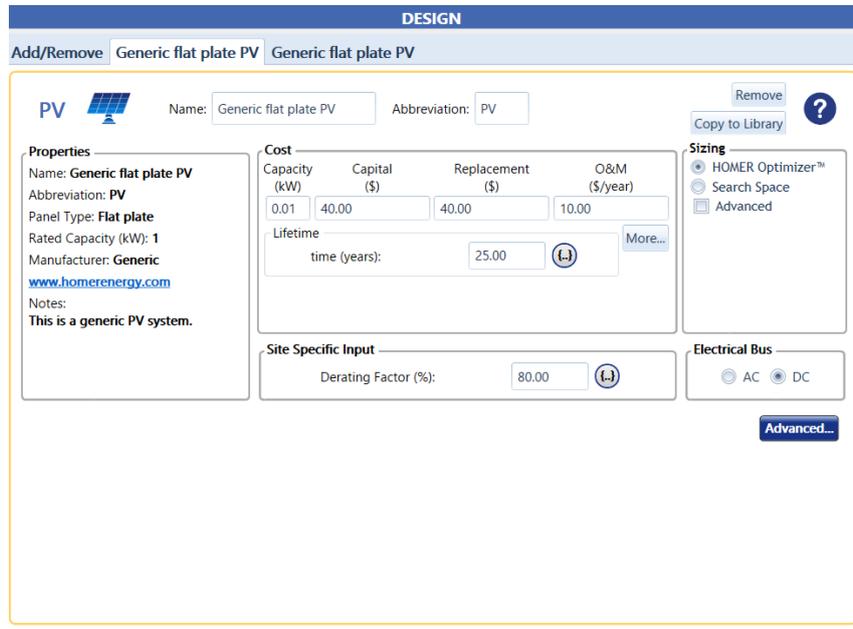
El software también puede dar el análisis del consumo durante 1 año como se muestra en la figura 22

Yearly Load Data

Hour	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
0	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
1	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014
2	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
3	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
4	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014
5	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
6	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014
7	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
8	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
9	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014
10	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014
11	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
12	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
13	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
14	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
15	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
16	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014
17	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
18	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
19	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
20	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
21	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
22	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
23	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015

Figura 22 Demanda total durante un año del router. Fuente: Autores

Luego de completar esta información se prosigue a poner las características de los demás elementos.



DESIGN

Add/Remove Generic flat plate PV Generic flat plate PV

PV Name: Generic flat plate PV Abbreviation: PV

Properties
Name: Generic flat plate PV
Abbreviation: PV
Panel Type: Flat plate
Rated Capacity (kW): 1
Manufacturer: Generic
www.homerenergy.com
Notes:
This is a generic PV system.

Cost

Capacity (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)
0.01	40.00	40.00	10.00

Lifetime time (years): 25.00

Site Specific Input
Derating Factor (%): 80.00

Electrical Bus
AC DC

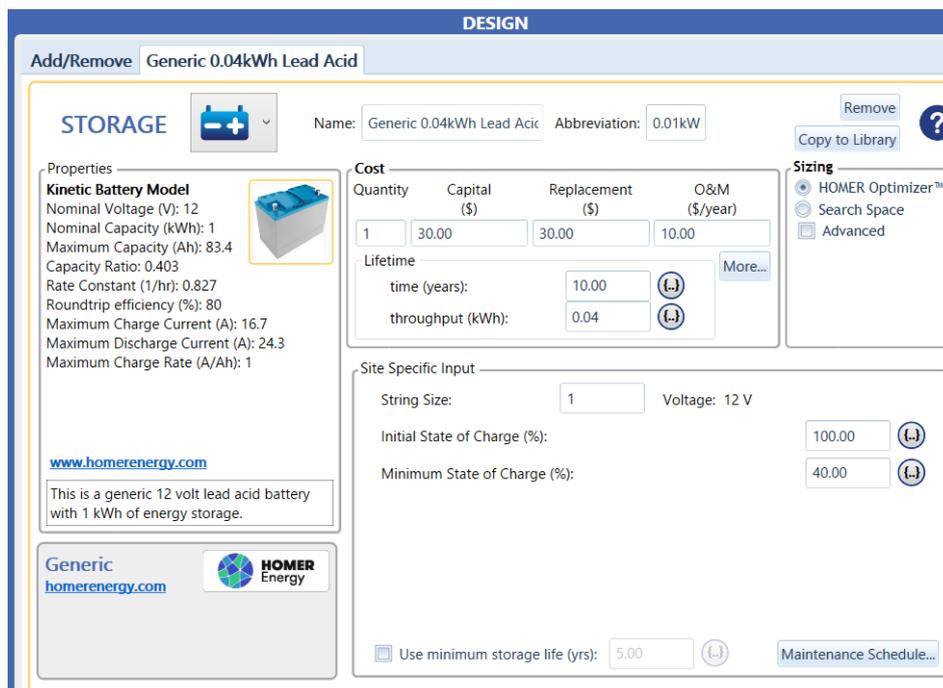
Sizing
HOMER Optimizer™
Search Space
Advanced

Remove Copy to Library

Advanced...

Figura 23 Características del panel solar a utilizar en simulador HOMER PRO. Fuente: Autores

Para este paso necesitamos saber la capacidad de nuestro panel en kW, los costos del panel y el costo por daño o mantenimiento por año como se coloca en la figura 23.



DESIGN

Add/Remove Generic 0.04kWh Lead Acid

STORAGE Name: Generic 0.04kWh Lead Acid Abbreviation: 0.01kW

Properties
Kinetic Battery Model
Nominal Voltage (V): 12
Nominal Capacity (kWh): 1
Maximum Capacity (Ah): 83.4
Capacity Ratio: 0.403
Rate Constant (1/hr): 0.827
Roundtrip efficiency (%): 80
Maximum Charge Current (A): 16.7
Maximum Discharge Current (A): 24.3
Maximum Charge Rate (A/Ah): 1
www.homerenergy.com
This is a generic 12 volt lead acid battery with 1 kWh of energy storage.

Cost

Quantity	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)
1	30.00	30.00	10.00

Lifetime time (years): 10.00
throughput (kWh): 0.04

Site Specific Input
String Size: 1 Voltage: 12 V
Initial State of Charge (%): 100.00
Minimum State of Charge (%): 40.00
Use minimum storage life (yrs): 5.00

Sizing
HOMER Optimizer™
Search Space
Advanced

Remove Copy to Library

Maintenance Schedule...

Figura 24 Características de la batería a utilizar. Fuente: Autores

Debido a que el software ya viene con una batería predeterminada se cambiará lo que es la etiqueta y la cantidad de baterías a utilizar que en este caso solo se utilizaría solo 1 se agregaría al esquemático

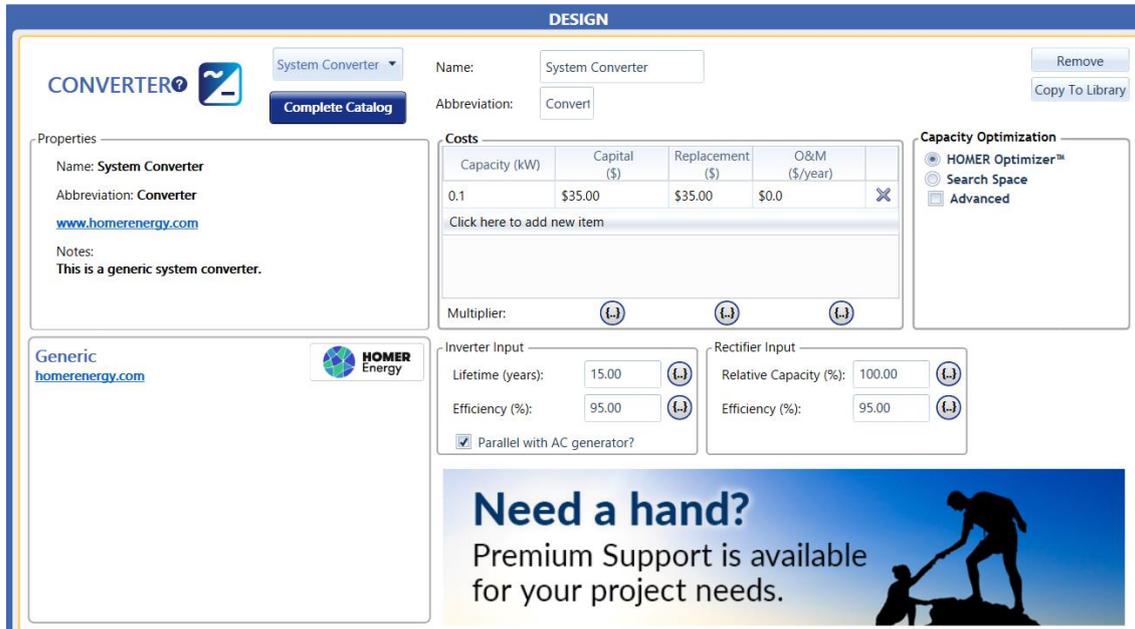


Figura 25 Características del inversor que se utilizara. Fuente: Autores

Se utilizará un inversor de 100w, pero debido a que el simulador trabajará en kW se podrá 0.1 kW que sería la conversión de 100w para que finalmente luego de colocar todos los elementos tener el esquemático de solución como se muestra en la figura 26

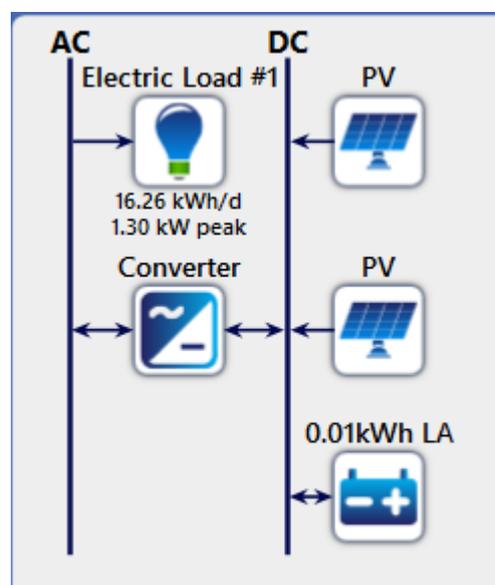


Figura 26 Esquemático del circuito. Fuente: Autores

- **Pruebas practicas realizadas en el circuito**

Se realizaron distintas pruebas en el circuito para poder probar el rendimiento de los distintos elementos del circuito por lo que se probó en las distintas condiciones climáticas en que se pueden presentar.

Se utilizó un panel solar y un inversor de 100W como se muestra en la figura 27 y se procedió a conectar el router por lo que nos dio la suficientemente energía para encenderlo dados las condiciones climáticas con la luz solar intensa

Luego se procedió a realizar una prueba de igual manera como se muestra en la figura 28 se procedió a conectar el router y funciono adecuadamente, pero en este caso se realizó la prueba con la diferencia de que era con el cielo nublado y con luz solar intensa como la prueba realizada anteriormente.

Al realizar estas pruebas se pudo determinar que existe una diferencia de 0,6V en diferentes condiciones climáticas. Este hallazgo sugiere que se dispone de una potencia adecuada para alimentar el circuito, independientemente de la variabilidad del clima.



Figura 27 Prueba con inversor de 100W. Fuente: Autores.

VOLTAJE	INVERSOR UTILIZADO	COMPORTAMIENTO CIRCUITO
13,3V	100W	Estable, con luz solar intensa
12,6V	100W	Estable, con cielo nublado

Tabla 6 Resultados de las pruebas realizadas. Fuente: Autores



Figura 28 Prueba realizada con inversor de 100W. Fuente: Autores

Estas pruebas se realizaron con el fin de evidenciar los cálculos correctos que se realizaron para poder construir y escoger de manera adecuada los elementos que conforman este sistema y para próximas experimentaciones tener en cuenta estas pruebas.

X. Interpretación de resultados

Documentación y Análisis de Resultados:

Es importante realizar una comparación sobre cada aspecto utilizado y cada simulación obtenida, por lo cual se establece gracias a esto ciertos datos o valores que pueden ayudar a una comprensión más general.

La interpretación detallada de los resultados obtenidos del sistema de autosuficiencia energética, diseñado para alimentar un router doméstico, arroja luz sobre diversos aspectos cruciales que afectan el rendimiento y la eficacia de este sistema.

En un primer análisis, la capacidad del sistema fotovoltaico para generar una tensión de 20 V parece prometedora y sugiere una potencial capacidad suficiente para abastecer las necesidades energéticas del router. No obstante, la profundización en el análisis se vuelve imperativa al considerar el consumo específico del router, establecido en 0,6 Amp.

Durante los primeros periodos de pruebas puede apreciar que utilizar dispositivos sin antes realizar un análisis adecuado no resulta idóneo.

Se ha determinado el consumo energético del router utilizando un sensor ACS712 y Arduino, lo que proporciona datos precisos sobre la cantidad de energía que el router requiere para funcionar. Esta información es fundamental para dimensionar adecuadamente el sistema de energía solar y asegurar que pueda satisfacer las necesidades energéticas del router.

Se ha seleccionado un inversor con una capacidad suficiente para alimentar el router. La interpretación de los resultados implica verificar si el inversor es capaz de manejar la carga del router de manera eficiente y si está proporcionando el voltaje y la corriente necesarios para su funcionamiento óptimo.

El controlador de carga solar juega un papel crucial en la gestión de la energía generada por los paneles solares y su almacenamiento en la batería. La interpretación de los resultados implica evaluar si el controlador de carga está regulando adecuadamente la carga y descarga de la batería, asegurando un suministro constante de energía al router.

En comparación a los datos obtenidos en la simulación, se logra un contraste sobre el consumo energético real comparado con el simulado. Gracias al dispositivo Arduino UNO se logró obtener de mejor forma valores reales, si se hace una comparación de los datos del consumo simulado y real se puede analizar que no existe una gran variación de amperaje lo cual indica que un dato simulado y real pueden ser bastante acertados o cercanos para no correr mayores riesgos al momento de intentar una implementación. Por eso se recomienda primero utilizar algún sistema de simulación.

Como se aprecia en la figura 29 los valores mostrados por medio de Arduino UNO utilizando el sensor:

```

Romina.ino
1 float Sensibilidad=0.66;
2 float offset=0.100;
3 void setup(){
4   Serial.begin(9600);
5 }
6 void loop(){
7   float Ip=get_corriente();
8   float Irms=Ip*0.707;
9   float P=Irms*120.0;
10  Serial.print(Irms,2);
11  Serial.print(",");
12  Serial.println(P,2);
13 }
14 float get_corriente()
15 {

```

Output Serial Monitor x

Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM3')

```

1.34,160.34
1.34,160.37
1.34,160.35
1.34,160.44
1.34,160.41
1.34,160.48

```

Figura 29 Código de consumo energético ejecutado en Arduino. Fuente: Autores.

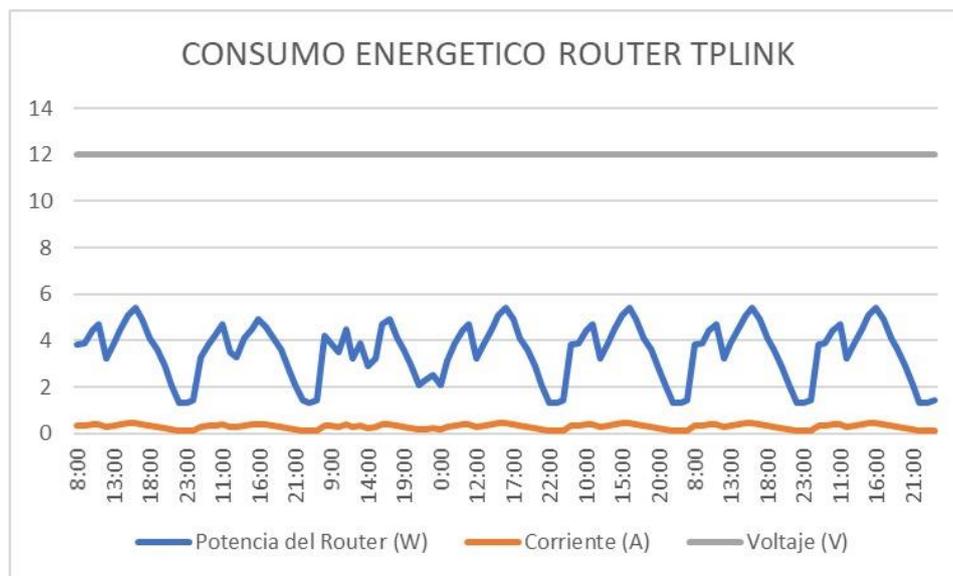


Figura 30 Grafico de consumo energético del router utilizado. Fuente: Autores.

Estos consumos son valores verificados los cuales darán pauta a el inicio del prototipo al ser el primer dato y el más necesario, con un valor veras se puede iniciar con el cálculo de los demás componentes del prototipo.

Interpretación:

- El router consume un promedio de 0,29 amperios
- Esto equivale a una potencia de 3,5 vatios.
- El consumo energético promedio del router es de 14 Wh.

Los datos recopilados mediante el sensor ACS712 y Arduino han permitido calcular con precisión el consumo energético del router. Al obtener un promedio de 0,29 amperios, se revela que el consumo real del router no difiere del valor teórico inicial de 0.6 amperios.

Esto sugiere que el análisis basado en especificaciones predeterminadas puede reflejar con precisión el consumo real, lo que resalta la importancia de realizar mediciones directas para una planificación precisa del sistema.

Si se utilizaba algún tipo de simulación para calcular el consumo no se lograría un dato fijo y real, sino más bien un dato cercano y ambivalente como se muestra anteriormente con el uso del simulador Homerpro el cual da un acercamiento a valores necesitados, estos confirman que los valores obtenidos en pruebas y mediciones son cercanos a los simulados por lo que dan veracidad y más seguridad a emplear físicamente el prototipo.

La elección de componentes como paneles solares, inversor y batería se basó en el análisis del consumo del router y las necesidades energéticas del sistema. El uso de dos paneles solares con voltajes y corrientes especificados se alinea con los requisitos del sistema, mientras que el inversor de 100 W proporciona una potencia suficiente para el funcionamiento del router y otros dispositivos. La batería seleccionada ofrece una capacidad adecuada para garantizar la disponibilidad de energía durante períodos sin exposición solar directa.

La evaluación del rendimiento del sistema durante pruebas de velocidad de internet revela que el cambio de fuente de alimentación de eléctrica a solar no afecta significativamente el rendimiento del router. Las velocidades de conexión y la latencia se mantienen estables, lo que indica que el sistema de energía solar es capaz de proporcionar una alimentación confiable y eficiente para el router. Esto sugiere una eficacia satisfactoria del sistema en términos de proporcionar conectividad a internet sin interrupciones, incluso durante

Ahora es importante considerar que un valor base que proporciona router es el consumo de 0.6 A lo cual al momento de obtener los datos de consumo mediante los datos concuerdan con los teóricos al estar dentro del rango de consumo.

- El cálculo de Arduino da un dato promedio de 0,29 amperios.

Un valor teórico o propuesto no siempre será el mismo y dependerá de todo el circuito y hay muchos factores naturales y procedimentales normales y terminan afectando y alterando los valores con los que debería funcionar cualquier aparato.

La elección del inversor, que demanda una capacidad de 2 Amp, emerge como un punto de evaluación crítica. La discrepancia entre la capacidad de generación del router y los requisitos del inversor plantea interrogantes sobre la eficiencia del sistema.

Esta divergencia podría traducirse en pérdidas de eficiencia que podrían afectar el rendimiento global del sistema. Por lo tanto, es esencial llevar a cabo una evaluación exhaustiva para determinar si la capacidad del inversor está debidamente alineada con la carga del router, buscando maximizar la eficiencia y evitar posibles limitaciones.

La interpretación detallada de estos resultados destaca la necesidad imperativa de optimizar la correlación entre la generación de energía, el consumo específico del router y los requisitos de los componentes clave del sistema, como el inversor y el controlador de carga solar. Este enfoque no solo garantizará una operación eficiente, minimizando pérdidas y maximizando la autosuficiencia energética del sistema, sino que también asegurará la fiabilidad y la sostenibilidad a largo plazo. La eficacia general del sistema dependerá, en última instancia, de la habilidad para equilibrar de manera armoniosa estos elementos, asegurando un suministro energético estable y confiable para el router doméstico en diversas condiciones y circunstancias.

- Un panel solar de 10 vatios puede generar una corriente máxima de aproximadamente 0.83 amperios a 12 voltios.
- Consumo del router: El router consume 0,29 amperios a 12 voltios. Conversión de voltaje: Se necesita un inversor de corriente para convertir el voltaje del panel

solar (12 voltios) al voltaje del router (110 voltios).

- Eficiencia del inversor: La eficiencia del inversor no es del 100 %, por lo que se debe tener en cuenta una pérdida de energía.
- El panel solar de 10 vatios puede generar suficiente energía para alimentar el router, ya que el router consume 14 vatios por día y el panel solar puede generar 10 vatios por hora.
- El inversor de 100 vatios es lo suficientemente potente para convertir la corriente continua del panel solar en corriente alterna que el router necesita.

Es importante tener en cuenta la eficiencia del panel solar y del inversor. La eficiencia del panel solar suele ser del 15-20 %, mientras que la eficiencia del inversor suele ser del 85-95 %. Esto significa que solo se utilizará una parte de la energía solar que produce el panel solar para alimentar el router.

La capacidad de la batería determina la cantidad de energía que puede almacenar.

El router consume 14 Wh.

Capacidad de la batería (Ah) = Consumo energético (Wh) / Voltaje de la batería (V) (6)

$$Capacidad\ de\ la\ batería\ (Ah) = 14Wh / 12\ V = 1,16Ah$$

Con estos datos y cálculos realizados se busca solucionar la problemática energética por los periodos de tiempo que suelen ser horas y mantener encendido el router.

La inversión inicial en la adquisición e instalación de paneles solares y otros componentes puede amortizarse con el tiempo debido a la reducción de los costos de energía y la mayor independencia energética.

La implementación de enrutadores alimentados por energía solar puede tener aplicaciones significativas en áreas rurales o zonas con acceso limitado a la red eléctrica. Además, la utilización de energía solar como fuente de energía renovable contribuye a la reducción de emisiones de carbono y promueve la sostenibilidad ambiental. Esto sugiere que los enrutadores solares no solo ofrecen beneficios en términos de conectividad, sino que también pueden tener un impacto positivo en el medio ambiente.

Se realizó varios test de velocidad de internet utilizando páginas especializadas en medir estos datos en varios puntos de un hogar con un servicio de internet de banda ancha promedio, de diferentes dispositivos analizando si existe algún tipo de problema de conectividad o si en algún momento afecta el funcionamiento del router alimentado con energía solar en comparación con uno que utilice energía eléctrica convencional en diferentes horarios del día.

Test	Energía Eléctrica	Energía Solar						
Velocidad	28 Mbps	23 Mbps	15 Mbps	17 Mbps	23 Mbps	20 Mbps	22 Mbps	18 Mbps
Latencia	4 ms	4 ms	5 ms	5 ms	8 ms	9 ms	5 ms	4 ms
Descargada	390 ms	381 ms	486 ms	475 ms	312 ms	309 ms	443 ms	354 ms
Cargada	22 Mbps	23 Mbps	14 Mbps	10 Mbps	13 Mbps	11 Mbps	11 Mbps	13 Mbps
Velocidad Carga	20 Mbps	22 Mbps	18 Mbps	15 Mbps	19 Mbps	16 Mbps	17 Mbps	20 Mbps

Tabla 7 Mediciones de velocidad de internet. Fuente: Autores.

Velocidad: Los resultados muestran que la velocidad de conexión varía entre los tests y entre los diferentes métodos de alimentación eléctrica. En general, parece haber una ligera disminución en la velocidad cuando el router está alimentado por energía solar en comparación con la energía eléctrica convencional. Sin embargo, la diferencia no es significativa y la velocidad sigue siendo aceptable en ambos casos.

Latencia: La latencia se mantiene bastante consistente en todos los test, tanto con energía eléctrica como con energía solar. Esto sugiere que la fuente de alimentación no afecta significativamente la latencia de la conexión a Internet.

Descargada y Cargada: Los tiempos de descarga y carga varían entre los test, pero no muestran una tendencia clara relacionada con el tipo de alimentación eléctrica. Parece que otros factores podrían estar influyendo en estos tiempos, como la congestión de la red o la calidad del servicio de Internet.

Velocidad de Carga: Similar a la velocidad de conexión, la velocidad de carga también muestra variaciones entre las pruebas y los métodos de alimentación eléctrica. Sin embargo, al igual que con la velocidad, las diferencias no son significativas y ambas fuentes de alimentación proporcionan velocidades de carga aceptables.

XI. Discusión

Los resultados de los test de velocidad de internet muestran que el router alimentado por energía solar proporciona un rendimiento comparable al alimentado por energía eléctrica convencional. Esto sugiere que el sistema de energía solar es eficiente y confiable para mantener la conectividad a internet, incluso en condiciones variables de iluminación solar.

La estabilidad y consistencia en la velocidad de conexión y la latencia son aspectos críticos para la experiencia del usuario en internet. Los resultados demuestran que el sistema de energía solar es capaz de proporcionar una conectividad estable y consistente, lo que indica su idoneidad para su uso en entornos domésticos o comerciales.

La comparación entre el rendimiento del router con energía eléctrica y energía solar sugiere que el sistema de energía solar es igualmente compatible y fácil de usar. Esto es importante para la adopción generalizada del sistema, ya que garantiza una transición sin problemas de la energía eléctrica convencional a la energía solar.

El uso de energía solar para alimentar dispositivos como routers no solo es beneficioso en términos de eficiencia y estabilidad, sino que también promueve la sostenibilidad y la resiliencia. Al aprovechar una fuente de energía renovable y abundante como la energía solar, se reducen las emisiones de carbono y se fortalece la infraestructura de comunicaciones ante posibles cortes de energía.

Se destaca la viabilidad y la efectividad del sistema de energía solar para alimentar routers, ofreciendo una solución confiable, sostenible y económicamente viable para mantener la conectividad a internet en diferentes entornos y condiciones. Estos hallazgos pueden ser relevantes para la adopción y expansión de tecnologías de energía solar en el ámbito de las comunicaciones y la conectividad digital.

Del artículo [29], tiene una implementación adecuada sobre el sistema de paneles, de la cual se asemeja a el presente artículo, la manera para mejorar este tipo de circuitos es obteniendo valores reales y no sólo cálculos teóricos los cuales podrían llegar a ser erróneos y por lo tanto sobredimensionar la compra de implementos, lo cual se mejoró ya que se optimiza y se corrige este tipo de errores cuando se implementa algún tipo de análisis extra como el Arduino y no depender solo de suposiciones o datos de consumo recomendados, estos análisis a diferencia del artículo mencionado anteriormente ayudan en los siguientes aspectos.

Selección del inversor adecuado: medir la corriente permite conocer la potencia real que consume el router. Con esta información, se puede seleccionar un inversor con la capacidad adecuada para alimentar el router sin consumir energía innecesaria.

Selección de la batería adecuada: conocer la potencia del router permite calcular la capacidad de la batería necesaria para almacenar la energía suficiente para alimentar el router durante la noche o en días nublados.

Ahorro de costes: evitar la compra de equipos sobredimensionados, si se compra un inversor o una batería con una capacidad mayor a la necesaria, se gastará dinero innecesariamente, medir la corriente te permite evitar esto.

Reducción del consumo energético: un sistema correctamente dimensionado tendrá un menor consumo energético, lo que se traduce en un ahorro en tu factura de electricidad.

Mayor eficiencia: mejor rendimiento del sistema, un sistema correctamente dimensionado tendrá un mejor rendimiento, ya que los equipos estarán trabajando dentro de su rango óptimo de operación.

Mayor vida útil de los equipos: un sistema que no está sobrecargado tendrá una mayor vida útil.

Prevención de sobrecargas: medir la corriente permitirá asegurarse de que el cableado y los equipos no se sobrecarguen, lo que reduce el riesgo de accidentes.

Detección de fallos: si la corriente medida es superior a la esperada, puede ser un indicio de un fallo en el sistema.

Basándose en el artículo mencionado anteriormente [29], en el que su objetivo como tal es la de suministrar energía a zonas rurales de manera eficaz pero enfocada en un retorno de inversión y un plan de negocio.

Mientras que en el presente artículo se centra en analizar y captar el consumo de energía por medio de una plataforma y tarjeta amigable como es el Arduino uno, y comprobar si los datos obtenidos por medio de esta tarjeta de interfaz son veraces y se pueden aplicar en routers en funcionamiento. En comparación con el artículo mencionado, se reduce el presupuesto para realizar el diseño, ya que se centra en un servicio a gran escala en comparación con el que busca una implementación más económica utilizada como vía alterna de energía en apagones o cortes de energía dentro del hogar.

Elementos	Precio
Paneles solares de 60w (para 3 paneles)	210\$
Batería de 12V/14, 4AH	80\$
Regulador	10\$
Controlador solar	70\$
Caja 40	40\$
Conector del cable	40\$
Total	450\$

Tabla 8 Tabla de inversión del artículo [29]. Fuente Autores

Materiales	Cantidad	Precio unitario
Arduino uno	1	15\$
Paneles solares	1	40\$
Convertidor Dc-Ac	1	20\$
Controlador de carga solar	1	2\$
Router	1	30\$
Jumpers	Paquete	2\$
Total		115\$

Tabla 9 Tabla de inversión del presente artículo. Fuente: Autores

Cómo se observa existe un considerable valor monetario de diferencia, la razón se debe a que ambos diseños tienen diferentes enfoques de escalas de servicio, pero resolviendo el mismo tipo de problema. El artículo mencionado presenta una inversión de 450 dólares, mientras que el presente estudio tiene una inversión de \$115. Esto indica que el enfoque del presente estudio es más económico en términos de costos de implementación.

Ambos estudios comparten algunos componentes principales, como los paneles solares y el controlador de carga solar. Sin embargo, hay diferencias en la cantidad y el tipo de componentes utilizados, lo que puede influir en los costos totales.

El presente estudio está más orientado hacia una implementación a menor escala, utilizando un único panel solar y un conjunto de componentes más simples. Esto puede contribuir a la reducción de costos en comparación con el artículo mencionado, que parece tener un enfoque más amplio y lucrativo.

Del artículo[30], se puede apreciar y entender de mejor manera analítica una implementación de un sistema que use energía fotovoltaica ya que se tiene un cálculo muy teórico y especifica datos muy relevantes como la inclinación del panel solar, cálculo de energía, estimaciones reales de energía, capacidad de almacenamiento de la batería entre otros aspectos, en comparación a este estudio que destaca la aplicación y funcionamiento eficaz tanto energéticamente como funcionalmente hablando de router, es importante el tema de implementación ya que así se puede determinar con veracidad cualquier tema propuesto.

Es por esto que basándose en el artículo [30] para poder realizar cálculos teóricos y fórmulas de gran utilidad para poder elegir de manera adecuada los componentes del circuito implementado en este artículo si en el caso no se hubiera encontrado el software que se implementó dando las características del panel solar que se estaba proponiendo, estos cálculos ayudaron a calcular cada factor a considerar y usar en el artículo, los cuales fueron confirmados mediante experimentación, sin esto no se lograría una veracidad en los datos por este artículo mejora y confirma como se puede aplicar de manera profesional o amateur los datos teóricos con los reales.

Según el artículo [31], se analizan dos escenarios al ser sistema implementado en una zona rural, se tuvieron que adecuar la vivienda a instalarse, por lo que la implementación completa del sistema tomó más tiempo. Estos 2 escenarios son los siguientes: para el abastecimiento del servicio eléctrico, en el primero el generador a gasolina abastece la demanda del sistema y en el segundo escenario el sistema fotovoltaico abastece la demanda básica como iluminación, entretenimiento y comunicación, mientras que el generador abastece la demanda de los equipos de mayor potencia con menor tiempo de trabajo. Mientras que el presente artículo se basa en el programa Arduino Uno y en cálculos teóricos para realizar el circuito en base a las necesidades y los equipos que necesitan alimentar, para mantener un margen de error de cálculo se redimensiona el circuito de manera que haya un pequeño porcentaje de variación, pero sea de manera mínima y no se vea tan influenciado. Además, el artículo usa dos fuentes de energía para abastecer el consumo completo de la vivienda, pero utilizando elementos no amigables como el generador a gasolina y el sistema fotovoltaico, pero no es amigable con el ambiente por el uso de un elemento de combustión que genera gases no buenos para el medio ambiente.

XII. Conclusiones

Este estudio ha demostrado que es posible utilizar energía solar para alimentar un enrutador. Esto se logró utilizando algunos componentes comunes, incluidos paneles solares, controladores de carga y baterías. Las pruebas de velocidad de Internet establecieron que el nivel de rendimiento del enrutador solar está a la par con el de un enrutador normal.

Se llevaron a cabo algunas investigaciones más en entornos y condiciones climáticas separados, que muestran que un sistema de energía solar es una alternativa rentable a la luz del uso de energía y el rendimiento del enrutador.

El tema de la investigación se limita al uso de la tecnología Arduino y componentes simples, lo que garantiza precios de creación más bajos en comparación con otros

métodos más complejos y costosos. Como resultado, los enrutadores que funcionan con energía solar se vuelven asequibles para muchos usuarios.

Aunque el alcance de la investigación se limita a una implementación a pequeña escala, los hallazgos sugieren la posibilidad de escalabilidad y aplicabilidad general en otras situaciones, como áreas rurales o propensas a desastres, donde la electricidad por medios convencionales puede ser escasa o inexistente.

El método descrito en este artículo permite determinar de manera efectiva el consumo de energía de un router y luego, en base a los datos obtenidos, instalar un sistema solar mediante paneles alimentados con electricidad fotovoltaica. El estudio realizado a través de Arduino Uno se realizó con su interfaz y sensor ya que nos permitieron obtener lecturas precisas sobre el gasto energético del router actual en tiempo real. De él se ha extraído la conclusión de que el consumo energético necesario para el funcionamiento de este prototipo sería tal cuando se implemente y ejecute. El proceso de implementación tuvo una tasa de éxito de más del noventa por ciento, proporcionando así una solución alternativa a los apagones y cortes de energía generalizados.

XIII. Recomendaciones

- Para probar y verificar si el sistema de energía solar es factible en diferentes condiciones climáticas y factores ambientales para su uso con enrutadores, recomendamos realizar pruebas continuas. Los exámenes periódicos permitirán identificar su rendimiento y confiabilidad en diversos escenarios.
- Para una comprensión completa de la eficiencia energética y el sistema solar, se recomienda realizar análisis más detallados del consumo de energía durante diferentes momentos del día, así como en diferentes estaciones del año. Además, se puede considerar el uso de tecnologías de optimización energética para mejorar el nivel de rendimiento.
- Para una instalación más barata, es necesario se examina algunas posibilidades en la forma de reducir los costos de implementación del sistema, lo que podría lograrse encontrando componentes de bajo costo o buscando subvenciones y

- Para evaluar si el sistema podría aplicarse a otro dominio y si podría ser escalable y también funcional en otros contextos, sugerimos realizar una serie de estudios de prueba en áreas rurales o comunidades afectadas por calamidades naturales. Esto no sólo le ayudará a comprender los cambios necesarios para adaptarse a los distintos requisitos y condiciones locales, sino que también le preparará para eventos imprevistos.
- Teniendo en cuenta la importancia de diseñar e implementar sistemas de energía solar para enrutadores, el método de medición del consumo de energía debe desarrollarse cuidadosamente basándose en el uso de Arduino y sensores. Además, vale la pena investigar otras técnicas de medición, así como de calibración, para lograr datos más precisos y confiables que contribuyan a una mejor optimización de dichos sistemas.

XIV. Bibliografía

- [1] M. S. Chowdhury *et al.*, “An overview of solar photovoltaic panels’ end-of-life material recycling”, *Energy Strategy Reviews*, vol. 27. 2020. doi: 10.1016/j.esr.2019.100431.
- [2] W. Priyono, D. F. Wijayan, y E. Firmansyah, “Study and simulation of a hybrid stand-alone PV system for rural telecommunications system”, en *Proceedings - 2018 3rd International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering, ICITISEE 2018*, 2018. doi: 10.1109/ICITISEE.2018.8721000.
- [3] Y. Xu, J. Li, Q. Tan, A. L. Peters, y C. Yang, “Global status of recycling waste solar panels: A review”, *Waste Management*, vol. 75. 2018. doi: 10.1016/j.wasman.2018.01.036.
- [4] M. P. Pablo-Romero, A. Sánchez-Braza, y M. G. P. Romero, “Renewable energy in Latin America”, *AIMS Energy*, vol. 10, núm. 4, 2022, doi: 10.3934/energy.2022033.
- [5] B. V. A. S. Kumar, S. P. Kumar, K. Jaswanth, K. Vishnu, y A. Kumar, “Smart irrigation system using machine learning techniques”, en *Machine Learning Techniques for VLSI Chip Design*, 2024. doi: 10.1002/9781119910497.ch9.
- [6] Vargas-Manuel, S.-J. & Castillo-Georgina, y Brambila-Alfredo, “Arduino una Herramienta Accesible para el Aprendizaje de Programación”, 2015. [En línea]. Disponible en: www.ecorfan.org/bolivia
- [7] M. Padmanabhan, “Test Case Generation for Arduino Programming Instructions using Functional Block Diagrams”, *Trends in Sciences*, vol. 19, núm. 8, 2022, doi: 10.48048/tis.2022.3472.
- [8] C. C. Lu, J. C. Hong, F. F. Chen, y S. Y. Ma, “Elementary school students learn arduino programming to assemble sensory-controlled works”, *International Journal of Information and Education Technology*, vol. 10, núm. 4, 2020, doi:



- 10.18178/ijec.2020.10.4.1374.
- [9] “Básicos”. [En línea]. Disponible en: <http://arduino.cc/es>
- [10] I. Fernando Eleno Trejo, “Guía del router inalámbrico Laboratorio de Redes y Seguridad Objetivo”.
- [11] V. Gadelha, A. Sumper, E. Bullich-Massague, y M. A. P. Nalba, “Electrical Grids Based on Power Routers: Definition, Architecture and Modeling”, *IEEE Access*, vol. 11, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3240243.
- [12] “TL-WR841N TL-WR841ND 300Mbps Wireless N Router”, 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.tp-link.com>
- [13] I. Laabab, S. Ziani, y A. Benami, “Solar panels overheating protection: a review”, *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 29, núm. 1, 2023. doi: 10.11591/ijeecs.v29.i1.pp49-55.
- [14] A. Marcela y R. Canales, *Paneles Fotovoltaicos*. 2017.
- [15] “63647456002-2”.
- [16] M. B. Salim, T. N. Sari, y N. Suseno, “The Effect of Using Monocrystalline Solar Panels on Alternating Current (AC) and Direct Current (DC) Lamps”, *International Journal of Research and Review*, vol. 10, núm. 7, 2023, doi: 10.52403/ijrr.20230736.
- [17] C. L. Trujillo Rodríguez, D. V. De La Fuente, E. Figueres Amorós, G. Garcerá Sanfeliú, y J. Guacaneme Moreno, “Diseño, modelado e implementación de inversor conectado a la red eléctrica a partir de fuentes renovables”, *Revista Tecnura*, vol. 16, núm. 32, 2012, doi: 10.14483/udistrital.jour.tecnura.2012.2.a01.
- [18] “Tool Craft Catalog”.
- [19] Đ. Lazarević, M. Živković, Đ. Kocić, y J. Ćirić, “The utilizing Hall effect-based current sensor ACS712 for true RMS current measurement in power electronic systems”, *Scientific Technical Review*, vol. 72, núm. 1, pp. 27–32, 2022, doi: 10.5937/str22010271.
- [20] “Current Sensor Module ACS712-20A”.
- [21] N. Ratnawati y S. Sunardi, “Load Characteristics with Current Detection Using an Arduino Based ACS712 Sensor”, *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, vol. 2, núm. 2, 2020, doi: 10.12928/biste.v2i2.1522.
- [22] E. Kohler, R. Morris, B. Chen, J. Jannotti, y M. F. Kaashoek, “The click modular router”, *ACM Transactions on Computer Systems*, vol. 18, núm. 3, 2000, doi: 10.1145/354871.354874.
- [23] N. Azura *et al.*, “Design and Development of Wireless Solar Powered Router for the Rural Area”.
- [24] C. R. Sampedro Guamán, S. A. Machuca Vivar, D. P. Palma Rivera, y B. E. Villalta Jadan, “Impacto ambiental por consumo de energía eléctrica en los Data Centers.”, *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2021, doi: 10.46377/dilemas.v8i.2786.
- [25] S. A. Valdovinos-Valdovinos, O. G. Galicia-Sánchez, L. A. Castro-López, B. Gaona-Ponce, R. Domínguez-Flores, y J. C. Olguín-Rojas, “Instrumentación de un generador”, *Revista Tecnología en Marcha*, 2019, doi: 10.18845/tm.v32i7.4270.
- [26] I. Curty, L. Junior, y D. C. Valva, “Análise Da Matriz De Transporte Brasileira: Consumo De Energia E Emissão De Co2.”, *Revista Uniabeu*, vol. 8, núm. 18, 2015.
- [27] “bol_dia_cli”.
- [28] S. Guayaquil, A. Chancay, J. Alex, P. Duarte, y J. Miguel, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA INGENIERO ELÉCTRICO AUTORES”.
- [29] N. Azura *et al.*, “Design and Development of Wireless Solar Powered Router for the Rural Area”.
- [30] G. A. Gómez-Ramírez y C. A. Bolaños-Jiménez, “Metodología para la implementación de sistemas fotovoltaicos con almacenamiento para pequeñas industrias”, *Revista Tecnología en Marcha*, dic. 2022, doi: 10.18845/tm.v36i1.5843.
- [31] C. De, “PORTADA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL ENERGÍA A UN SECTOR RURAL DEL GOLFO DE GUAYAQUIL MEDIANTE EL ANÁLISIS DE CARGA Y SIMULACIÓN POR SOFTWARE”.

XV. Anexo

Dentro del anexo se detalla el código utilizado para determinar el consumo del router y su potencia diaria donde se utilice el ARDUINO UNO conectado al sensor ACS712

Código de consumo eléctrico para Arduino

```
// Sensibilidad del sensor en V/A
float SENSIBILITY = 0.185; // Modelo 5A
//float SENSIBILITY = 0.100; // Modelo 20A
//float SENSIBILITY = 0.066; // Modelo 30A

int SAMPLESNUMBER = 100;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}

void printMeasure(String prefix, float value, String postfix)
{
  Serial.print(prefix);
  Serial.print(value, 3);
  Serial.println(postfix);
}

void loop()
{
  float current = getCorriente(SAMPLESNUMBER);
  float currentRMS = 0.707 * current;
  float power = 230.0 * currentRMS;

  printMeasure("Intensidad: ", current, "A ,");
  printMeasure("Irms: ", currentRMS, "A ,");
  printMeasure("Potencia: ", power, "W");
  delay(1000);
}
```

```
float getCorriente(int samplesNumber)
{
    float voltage;
    float corrienteSum = 0;
    for (int i = 0; i < samplesNumber; i++)
    {
        voltage = analogRead(A0) * 5.0 / 1023.0;
        corrienteSum += (voltage - 2.5) / SENSIBILITY;
    }
    return(corrienteSum / samplesNumber);
}
```