

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE NODOS WIFI ALIMENTADOS POR ENERGÍA SOLAR
PARA APOYO DE NODOS DE TELEMETRÍA

GUZMÁN CORTÉS DANIEL EDUARDO

MAYA LÓPEZ JOHN EDIER

UNIVERSITARIA AGUSTINIANA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

BOGOTÁ D. C

2017

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE NODOS WIFI ALIMENTADOS POR ENERGÍA SOLAR
PARA APOYO DE NODOS DE TELEMETRÍA

GUZMÁN CORTÉS DANIEL EDUARDO

MAYA LÓPEZ JOHN EDIER

Trabajo de grado para optar al título de profesional en Ingeniería en Telecomunicaciones

UNIVERSITARIA AGUSTINIANA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

BOGOTÁ D. C

2017

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

Le doy gracias a Dios primero que todo por haberme dado la oportunidad de llegar a estas instancias en mi carrera profesional y permitirme presentar este proyecto como el trabajo final después de años de mucha dedicación y sacrificios, pero siempre con el objetivo en mente de llegar a ser un profesional íntegro y con la visión de aportar siempre a la sociedad.

A mi familia por haber sido testigo de cada momento vivido en mi carrera y apoyar siempre con palabras motivantes el desarrollo de mi profesión, ustedes mi familia hacen parte de este gran logro.

Agradecido de igual forma con la universidad por abrirme las puertas a un mundo de conocimiento, y a mis docentes que se convirtieron semestre a semestre en una guía, en un ejemplo y muchas veces en amigos de profesión con los cuales me identifique en todo momento.

Y finalizo agradeciendo inmensamente a nuestro tutor Andrés Gómez por creer en nosotros.

DANIEL EDUARDO GUZMÁN CORTÉS

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

Agradezco a Dios y no por ser el primero en una lista de prioridades sino porque lo es todo, sé que ha sido por su Gracia, Amor y Fidelidad que hasta aquí hemos llegado.

Agradezco a mi universidad y especialmente a todo su componente académico porque nos han abierto las puertas del conocimiento sobre esta bella carrera, la cual nos aventuramos a emprender y realmente no hay motivo para arrepentirse, hemos elegido correctamente.

Agradezco a nuestro docente y tutor Andrés Gómez porque nos apoyó y nos dirigió en este proyecto.

Agradezco a mi gran familia que creyó en mis capacidades y talentos; finalmente ha dado el fruto que alguna vez soñamos, convertirme en un profesional.

Agradezco a mis compañeros de travesía porque iniciamos en gran número y ahora somos pocos los que vemos la meta, es de enorme satisfacción y suma valentía llegar hasta el final.

Y agradezco en última instancia y no por ser menos relevante a mi hermosa esposa a quien dedico este proyecto.

JOHN EDIER MAYA LÓPEZ

TABLA DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN	9
INTRODUCCIÓN	10
PREGUNTA PROBLEMA	11
JUSTIFICACIÓN	11
OBJETIVO GENERAL	11
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
HIPÓTESIS	12
MARCOS DE REFERENCIA	13
MARCO TEÓRICO	13
Hotspots públicos	16
Big sensor data	17
MARCO CONCEPTUAL	17
Radiación Solar	17
Tipos de Radiación	18
Radiación Directa	18
Radiación Difusa	18
Radiación Reflejada	19
Radiación Global	19
Sistema fotovoltaico	19
Paneles solares	19

	7
Paneles solares monocristalino	19
Paneles solares policristalinos	20
Paneles fotovoltaicos de capa fina	21
Baterías	22
Características de las baterías	22
Regulador o controlador de carga	23
Inversor	23
Router Inalámbrico TL-WDR4300	23
Firmware	24
OpenWRT	25
Ventajas	26
Desventajas	26
DD-WRT	26
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	27
NATURALEZA DE LA INVESTIGACIÓN	27
Investigación cuantitativa	27
DESARROLLO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	29
Diseño de sistema de alimentación por energía solar	29
Patrones de radiación solar	32

	8
Cálculos de los sistemas de alimentación solar	38
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONEXIÓN INALÁMBRICA	39
Topología	39
RESULTADOS	40
Resultados de descarga del sistema solar	40
Resultados de carga del sistema solar	40
Resultados de la interconexión de nodos	42
CONCLUSIONES	59
REFERENCIAS	61

RESUMEN

El presente documento muestra los resultados para el desarrollo del proyecto titulado DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE NODOS WIFI ALIMENTADOS POR ENERGÍA SOLAR PARA APOYO DE NODOS DE TELEMETRÍA. El documento tiene la siguiente estructura:

Presentación de la formulación del problema de investigación y todos sus componentes, seguido a esto se aborda en el marco teórico los desarrollos investigativos que han surgido en torno al uso de nodos alimentados por energías renovables para apoyar labores de telemetría. Luego se procede con el desarrollo del proyecto donde se abordan los cálculos de sistemas de alimentación eléctrica por energía solar para las condiciones geográficas de Bogotá (CO). Continúa con el desarrollo del problema de investigación mediante la implementación y medición de nodos de interconexión WIFI por medio de tecnologías inalámbricas utilizando equipos de bajo costo y capacidades diversas. Sigue con pruebas y caracterizaciones del proyecto utilizando como carga adicional un sistema de iluminación y equipos microcontroladores típicos de las soluciones de telemetría básicas. Finaliza con conclusiones y recomendaciones del proyecto.

INTRODUCCIÓN

Sin lugar a dudas el hombre siempre ha querido comunicar sus ideas a los demás con el fin de darse a entender ante cualquier situación. El comunicar esa idea puede llegar tan lejos como se pretenda, aunque en el comienzo de la tierra, los primeros habitantes no hayan contemplado la distancia que recorrería su mensaje. Y fue ese deseo de extender una idea lo que llevó al desarrollo de tecnologías, empezando por el fuego o la caligrafía hasta el tiempo de hoy donde un chat es suficiente.

En ese rango ilimitado de posibilidades para comunicarse se encuentran las redes y en especial las inalámbricas que son las que corresponden al desarrollo de este proyecto; pero también debe haber un impulso que lleve a su funcionamiento, es decir una fuente que provea la electricidad para estas redes y nada mejor que una energía limpia que no afecte negativamente al planeta y adicional, si este sistema puede contribuir con la medición de variables ambientales, pues entonces este diseño e implementación que a continuación se muestra es el indicado. Este proyecto fue presentado como **escritura de artículo de divulgación especializada** para la Conferencia Internacional de Ingeniería Inngenio 2017 y se está a la espera de los resultados

IMPORTANTE ACLARACIÓN: El presente proyecto está precedido por el de nuestro compañero Luis Ernesto Rojas Umfried llamado DISEÑO DE SISTEMA PARA MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE Y ACCESO COMUNITARIO A INTERNET INALÁMBRICO y la idea es brindar un sistema de comunicaciones inalámbricas y suministrar energía alternativa a los resultados del proyecto anteriormente mencionado.

PREGUNTA PROBLEMA

¿Cómo apoyados en tecnologías renovables se puede apoyar infraestructuras WIFI para hacer monitoreo y medición de variables ambientales?

JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto es el resultado de un profundo interés personal por aplicar el conocimiento técnico de toda una carrera profesional en el desarrollo social humano, desde una mirada de cuidado ambiental pues estamos en un punto de la historia mundial en que la responsabilidad con el planeta es máxima por los diversos sucesos que a diario se ven por los efectos del cambio climático ¿Acaso no puede también las TIC aportar para disminuir los efectos del calentamiento global? El proyecto usa energía renovable y no eléctrica para sostenerse ya que el sol es fuente constante de energía y es la base de alimentación de los nodos WIFI. Un simple cambio de lo que a diario se hace puede hacer la diferencia a futuro. Adicional este proyecto es el claro ejemplo de la esencia de nuestra carrera, comunicar a distancia, y el hecho de llevar nuestro proyecto a un lugar donde tecnológicamente se encuentra apartado es de inmenso aporte para reducir esta brecha y conectar todo el mundo donde las condiciones de infraestructura de red son escasas o no existen.

OBJETIVO GENERAL

1. Diseñar e implementar un prototipo de red WIFI alimentada por energía renovable apoyando nodos de telemetría.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diseñar un prototipo electrónico de un Nodo WIFI alimentado por energía solar y que cuente con un circuito de iluminación local y como base técnica de una red de alimentación eléctrica alternativa.
2. Implementar dos nodos WIFI alimentados por energía eléctrica, con interconexión punto a punto y red de acceso inalámbrico.

HIPÓTESIS

Mediante el uso de paneles solares fotovoltaicos de tipo policristalino y una batería, se busca aprovechar la radiación electromagnética procedente del sol para alimentar un sistema de comunicación WIFI y suministrar electricidad a un sistema de telemetría basado en microcontroladores.

MARCOS DE REFERENCIA

MARCO TEÓRICO

Hans Ziegler, científico nuclear alemán “A largo plazo, la humanidad no tiene más alternativa que utilizar energía solar si quiere sobrevivir”

Desde la antigua Grecia ya algunos grandes pensadores de la época como Sócrates y Arquímedes venían incluyendo en su conocimiento los términos relacionados con energía solar; este último por ejemplo (212aC), tiene una leyenda en la que usó espejos incendiarios que concentraban en su foco los rayos solares para ser reflejados en los barcos romanos que invadían la ciudad de Siracusa. Ya para el siglo XIII el filósofo y teólogo Roger Bacon (inspirado por la filosofía de Aristóteles) sugirió al Papa Clemente IV emplear espejos solares en las cruzadas con el fin de intimidar a los contradictores de la iglesia católica de la época (Santamarta J. 2004)

Pero no fue hasta el año 1839 cuando el físico francés Alexandre-Edmond Becquerel descubrió el efecto fotovoltaico (Gasquet H. 2004) que consiste en convertir los fotones provenientes de la energía solar en energía eléctrica mediante una célula fotovoltaica. Becquerel experimentó con una pila fotoeléctrica en la que observó el aumento de la corriente al exponer la pila a los rayos directos del sol (Asif. 2008). En la figura 1 que a continuación se muestra, se describe la historia de la energía solar fotovoltaica:

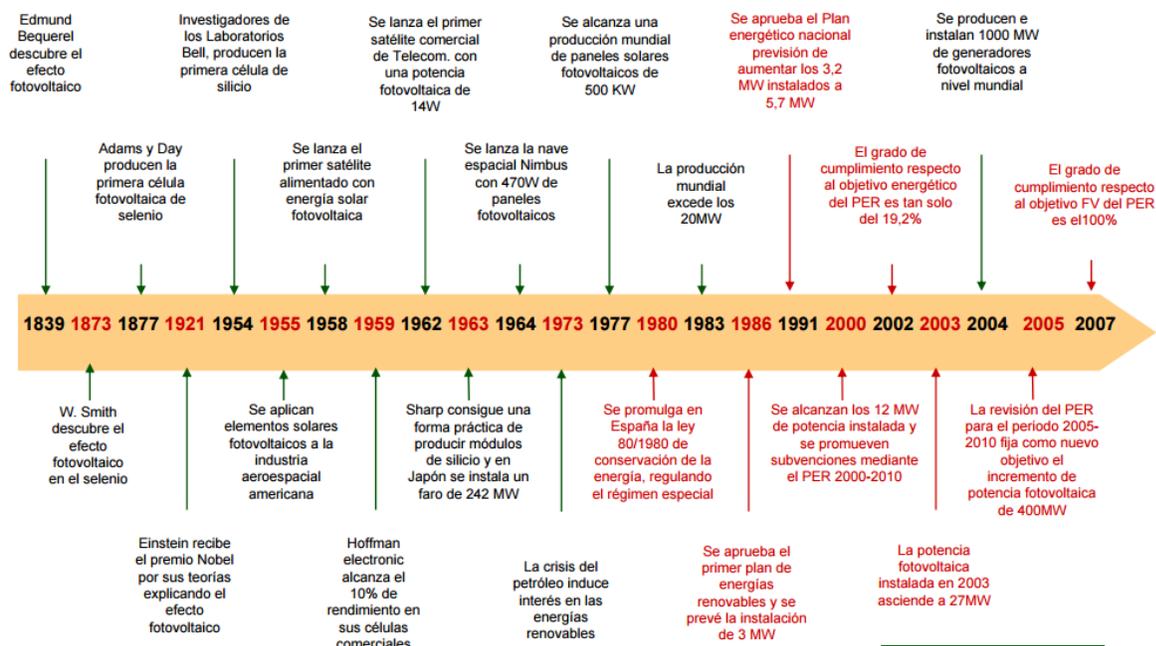


Figura 1. Historia de la energía solar fotovoltaica. (Asif. 2008)

Y fue precisamente en la década de los setenta cuando se despertó un interés por las energías renovables con el fin de combatir la primera gran crisis del petróleo en 1973 con dos fines: (Simbaqueva I. 2009) 1 No escaseen las fuentes de energía (Quijano R. 2003) y 2 Quizá el factor más relevante fue aportar con el cuidado del medio ambiente (Chairman B. 1995) Esta perfecta combinación por encontrar nuevas fuentes de energía a raíz de la crisis del petróleo y los cuidados al medio ambiente por el aumento del cambio climático llevó al aumento de la producción de paneles fotovoltaicos hasta la fecha y sigue en aumento (Asif. 2008)

En nuestro país se desarrolló un proyecto muy similar con el fin de solucionar problemas de conectividad WIFI para zonas rurales consistente en implementar un enlace de largo alcance alimentado por energía solar cuya distancia entre dos estaciones era de 10.22 Km y una tasa promedio de transferencia de 13.8Mbps. El sistema fue diseñado para tener una autonomía por 24 horas durante 3 días con bajos niveles de radiación solar y respondió a lo planteado por sus diseñadores al lograr la cobertura y tiempo de autonomía estimados desde el inicio (Gualdrón G. 2011)

Y no solamente en nuestro país se ha hecho; un proyecto similar se llevó a cabo en El Salvador donde el fundamento de su implementación era pretender llevar servicios de telecomunicaciones

a las zonas más dispersas y rurales del país donde la demanda energética, los escasos recursos económicos de sus habitantes y el difícil mantenimiento de estas infraestructuras es el principal obstáculo para su desarrollo. Finalmente, el resultado fue satisfactorio. Se logró alimentar una central telefónica pequeña mediante el uso de paneles solares y otro sistema también basado en energía renovable, pero alimentando un router que proveía banda ancha a la zona (García R, Ramos C. 2012)

Pero no solamente se han implementado proyectos a pequeña escala. En la localidad de Serpa a unos 200 kms al sur-oriental de Lisboa en Portugal, se inauguró en el año 2007 una planta solar que hasta el momento tiene la capacidad más alta del mundo en proveer energía a 8000 hogares de ese país; cuenta con un total de 52.000 módulos fotovoltaicos en 32 hectáreas y reducirá unas 30.000 toneladas de gases que se emiten a la atmósfera (dal Maso P. 2007)

Como se puede ver, los proyectos realizados con paneles solares han contribuido al desarrollo de una población al proveerle acceso a la información virtual mediante un router o simplemente brindarles energía eléctrica para simplificar su vida, por lo que sabemos que el proyecto impactará positivamente a un tipo de personas que carecen de servicios de telecomunicaciones en zonas apartadas o donde la infraestructura es nula. Pretendemos que nuestro proyecto esté al servicio de la comunidad porque finalmente ese es el objetivo de la tecnología; Servir a la gente.

Existen en la actualidad redes construidas a partir de sensores que permiten el monitoreo de condiciones ambientales. Los nodos de sensores permiten observar mediciones de tipo continuo, la detección de eventos, localizaciones y control local de actuadores en diversas aplicaciones. Gracias a los desarrollos de micro-sensado y la relación de estos con las tecnologías inalámbricas las aplicaciones y los usos son mucho más frecuentes. La IEEE creó un estándar exclusivo para el desarrollo de redes inalámbricas con el uso de sensores, el cual es el IEEE 802.15.4 que provee el protocolo necesario para que los dispositivos de bajo consumo eléctrico y que utilicen sensores puedan comunicarse entre sí en un área de red personal PAN, tecnología conocida como Zigbee el cual para su funcionamiento requiere implementaciones de hardware único y especializado (Akyildiz I, Su W, Sankarasubramaniam Y, Cayirci E. 2002)

Hacia el año 2014 Nguyen propone el uso de las redes Wi-Fi bajo el estándar 802.11 en modo de consumos eléctricos bajos en lugar de la utilización del estándar tradicional 802.15.4 mediante la

creación de pequeños nodos inalámbricos de sensores aplicados en Wireless Embedded Internet (Nguyen M, L Trung. 2014)

HOTSPOTS PÚBLICOS

Son aquellos lugares públicos que cuentan con una conexión a internet de forma inalámbrica y de alta velocidad, el cual es proporcionado por uno o varios puntos de acceso. Una de las técnicas utilizadas en los hotspot públicos, es hacer que los usuarios interactúen antes de navegar en internet en una interfaz web determinada por una serie de términos y condiciones y mediante el cual también se puede asegurar la red según lo requiera (Cables y Redes. 2017)

La empresa Newbury Networks Inc.(2003) dio a conocer su solución llamada Watchdog 2.0, la cual mediante un software de detección, localización, supervisión y ubicación de todo el tráfico 802.11, demostraron que era posible la localización de usuarios conectados a una red empresarial por medio del uso de sus dispositivos móviles o celulares o sus computadores personales, ya sea que estos estuvieran conectados inalámbricamente o cableadamente. Esta aplicación se realizó con el objetivo de que las empresas tuvieran un mayor control y seguridad en la red, de las personas conectadas corporativamente y evitar así el ingreso de intrusos informáticos dentro de cualquier compañía.

WiFiDog es un software libre que puede ser usado tanto en pequeñas computadoras como en sistemas embebidos o incrustados (Hortelano J. Et al. 2007)

Otras soluciones como Chillispot permite el uso de portales cautivos que se almacenan en servidores web en la nube y se usan para soluciones centralizadas de portales cautivos dinámicos. La empresa Data-WiFi es un ejemplo del uso de esta tecnología ya que pueden recolectar todo tipo de información gracias al uso de hotspot WIFI (DataWiFi 2016)

Big sensor data

En la actualidad el uso de las redes de sensores es esencial en la generación de datos a nivel global, en el año 2010 por ejemplo, la cantidad de datos suministrados por estas redes fueron de aproximadamente 1,250 billones de gigabytes de datos. Tienen una gran ventaja y es que esta información o datos son tomados en tiempos reales y pueden representar una gran cantidad de variables (Wu C. 2014) Wu fue el creador de una plataforma en la nube en la que es posible recolectar datos provenientes de sensores desde cualquier lugar caracterizado por el almacenamiento a velocidades muy altas y el análisis de la información. Este tipo de soluciones permiten el análisis de diferentes variables en ciudades inteligentes como por ejemplo y de manera ambiental la medición del impacto de la polución producida por los vehículos en un área determinada.

MARCO CONCEPTUAL

Radiación Solar.

La radiación solar es el proceso físico mediante el cual se transmite la energía en forma de ondas electromagnéticas a una velocidad de 300,000 km/s, es decir a la velocidad de la luz. Esta radiación no necesita de ningún medio para propagar su energía. La luz y la energía calórica son formas directas que nuestros sentidos pueden percibir. Sin embargo, existen otras manifestaciones de radiación que dependen de la longitud de onda de esta y que son utilizadas por el hombre en diferentes campos como las comunicaciones, la medicina y el área militar (Hernandez J. 2011). En la figura 2 se puede analizar de forma gráfica la escala del espectro electromagnético en general

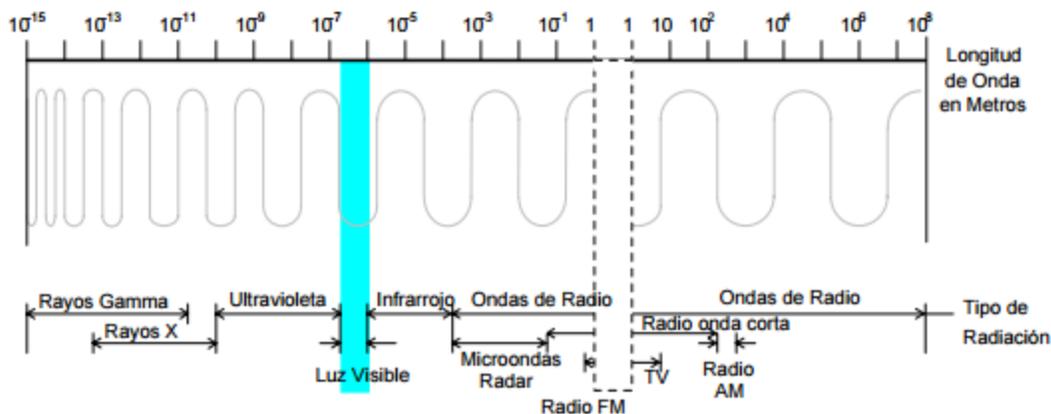


Figura 2. Escala del espectro electromagnético (Hernandez J. 2011)

La cantidad de radiación que emite el sol hacia la tierra se conoce también como la constante solar ya que esta cantidad de energía que incide sobre la atmosfera terrestre es casi constante (Varela P. 2000)

TIPOS DE RADIACIÓN

Radiación Directa

La Radiación directa se caracteriza porque llega del sol sin sufrir cambio alguno en su dirección. Se distingue por la proyección de sombras definidas de los elementos opacos que la reciben (León S. 2015)

Radiación Difusa

Es aquella radiación que sufre cambios causados por las reflexiones y absorciones ya sea por las nubes al atravesarlas sino también por partículas de polvo atmosférico, arboles, montañas, edificios. Se caracteriza por no producir ningún tipo de sombra respecto a los objetos opacos interpuestos (León S. 2015)

Radiación Reflejada

Es aquella radiación que es reflejada por la superficie terrestre (León S. 2015)

Radiación Global

Es la suma de las tres radiaciones, es decir la radiación total (León S. 2015)

SISTEMA FOTOVOLTAICO

Un sistema fotovoltaico es una combinación de elementos que puestos en correcto funcionamiento; son capaces de generar energía eléctrica cuya fuente es la luz del sol y que se almacena en una o varias baterías para ser usada en diversos dispositivos electrónicos

PANELES SOLARES

Los paneles solares fotovoltaicos son básicamente módulos que usan la energía proveniente del sol, los cuales convierten la luz en electricidad por medio de sus celdas. Los paneles Fotovoltaicos se dividen prácticamente en tres:

Paneles solares monocristalinos

El panel solar de célula monocristalina es aquella que al momento de su fabricación se forma por un único tipo de cristal de silicio, esto indica que se controla su crecimiento para que se forme en una sola dirección trayendo como resultado una alineación bastante perfecta de los componentes del cristal

Los paneles solares monocristalinos son de mayor tasa de eficiencia, debido a sus componentes de fabricación ya que se usa el silicio de alta pureza. La eficiencia está por encima del 15% y otros pueden superar el 21%.

Otra de las características de estos paneles, es que su vida útil es mucho más larga que los demás, pueden durar hasta más de 25 años y su funcionamiento supera a los paneles policristalinos de similares características en donde la luz sea poca.

Por estas razones son económicamente más costosos y mucho más delicados en su operatividad. En la figura 3 se muestra físicamente un ejemplo de un panel con las características propias de un panel monocristalino.

En su fabricación utiliza el método conocido como proceso Czochralski, el cual consiste en la producción de cristales semiconductores de gran tamaño y excelente calidad, se logra introduciendo una varilla con un germen de cristalización en uno de sus extremos en un baño de semiconductor fundido y hacerla subir lentamente y girando, en condiciones muy controladas de enfriamiento, consiguiendo producir un monocristal en forma de barra y sin impurezas



Figura 3. Panel solar de tipo monocristalino. (Prieto R. 2013)

Paneles solares policristalinos

A diferencia de los paneles monocristalinos, estos no emplean el mismo método de fabricación de Czochralski, en cambio se funde y se vierte en un molde de forma cuadrada, luego se enfría y después es cortado en láminas perfectamente cuadradas como lo muestra la figura 4.

Son más económicos por su manera simple de fabricación, pero suelen tener menor resistencia al calor, esto quiere decir que a temperaturas muy altas su funcionamiento será menos eficiente comparado con un panel monocristalino y a causa de esto su vida útil será mucho menor. La eficiencia puede estar entre el 13% y el 16%.



Figura 4. Panel solar de tipo policristalino. (Prieto R. 2013)

Paneles fotovoltaicos de capa fina

Son paneles de fabricación más sencillos, por lo que se hacen más económicos. Su eficiencia se encuentra entre el 7% y el 13% y son utilizados en gran medida para usos domésticos como se evidencia en la figura 5.

Estos paneles pueden ser más flexibles que los demás, lo que permite mejor adaptabilidad en múltiples superficies. El rendimiento no se ve afectado de ninguna manera por las temperaturas altas y las sombras que se le presenten.



Figura 5. Panel solar de tipo de capa fina. (Prieto R. 2013)

BATERÍAS

Como la radiación solar es un recurso que varía respecto a condiciones externas, como lo es el ciclo natural día-noche y otras condiciones no tan obvias como cambios climáticos, es necesario usar equipos que puedan almacenar la energía eléctrica cuando existe radiación y para usarla una vez se requiera. Este almacenamiento de la energía eléctrica producida por los diferentes módulos fotovoltaicos lo hacen las baterías especialmente construidas para este tipo de aplicaciones.

Estas baterías llamadas baterías fotovoltaicas son muy importantes para el sistema ya que realizan 3 funciones importantes en el funcionamiento del sistema:

1. Almacenan la energía eléctrica en periodos de mucha radiación solar y/o bajo consumo de energía eléctrica. En el día estos módulos producen mucha más energía de la que realmente se gasta en ese momento, es ahí en donde las baterías guardan esa energía extra.
2. Proveen de energía eléctrica a distintas aplicaciones normalmente de noche cuando la radiación solar es baja o totalmente nula.
3. Suministran energía eléctrica estable y confiable en la utilización de equipos eléctricos. La batería provee un voltaje relativamente constante y permite operar aparatos que necesiten de una corriente mayor de la que producen los propios paneles.

Características de las baterías

1. Internamente las baterías para este tipo de sistemas fotovoltaicos están construidas para un trabajo cíclico de carga/descarga lentos.
2. Son de ciclo profundo, esto significa que pueden llegar a descargar gran cantidad de energía cargada antes de que requieran ser recargadas.
3. Están construidas especialmente para proveer corrientes eléctricas durante periodos de tiempo largos (horas).

La capacidad de las baterías se mide en amperios-hora, dado que la cantidad de energía que pueda suministrar depende de la razón de descarga de la misma. Particularmente la capacidad de las baterías fotovoltaicas en Ah se presenta normalmente a una tasa de descarga de 100 horas.

Para determinar que batería se debe usar en un sistema fotovoltaico, es necesario conocer cuanta energía se consume diariamente y la cantidad de días nublados que hay en la zona donde se va a utilizar, además se deben tener en cuenta las características propias de la batería. Es recomendable usar solo una batería con la capacidad suficiente y no realizar arreglos de dos o más baterías ya que presentan dificultades de desbalance en la carga y descarga. Además, deben estar bien ventiladas y aisladas de la humedad del suelo. (Biomass Users Network. 2002)

REGULADOR O CONTROLADOR DE CARGA

Es un dispositivo electrónico con el cual se puede controlar el flujo de la corriente de carga que proviene de los módulos hacia la batería y también el flujo de corriente de descarga de la batería hacia los aparatos que usen esa electricidad. El funcionamiento consiste en que cuando la batería está totalmente cargada, el regulador interrumpe el paso de la corriente de los módulos hacia ella y si por el contrario la batería alcanza su nivel máximo de descarga, el regulador interrumpe el paso de la corriente de la batería hacia los demás equipos conectados (Biomass Users Network. 2002)

INVERSOR

Es un dispositivo electrónico mediante el cual se puede transformar la corriente directa de 12 v de la batería en corriente alterna a 120 V (Biomass Users Network. 2002)

ROUTER INALÁMBRICO TL-WDR4300

Un enrutador es un dispositivo capaz de guiar las ondas de radio a través del aire y sin necesidad de usar cables con el fin de interconectar dispositivos a la red entre sí (InformaticaModerna.com

2008-2016). El enrutador conecta redes inalámbricas guiando los paquetes de datos hacia la red correcta determinando los caminos que deben seguir hacia su destino.

Este enrutador TLWDR433 específicamente cuenta con algunas características que se detallan a continuación:

1. Permite conexiones simultáneamente de 2.4 GHz 300 Mbps Y 5GHz 450Mbps para un total de ancho de banda disponible de 750 Mbps.
2. Cuenta con 2 puertos USB que sirven para compartir impresoras, archivos de manera local o a través de internet.
3. Tiene 4 puertos LAN Gigabit y 1 puerto WAN Gigabit que aseguran las velocidades máximas de transferencia de datos, soportando una red cableada robusta y con buena velocidad.
4. Proporciona la gran capacidad en el procesamiento de los datos.
5. Cuenta con una opción de configuración rápida de seguridad, que brinda la opción de que los usuarios de manera instantánea configuren su nivel de seguridad haciendo uso de un solo botón presionándolo y estableciendo una conexión segura WPA2.
6. Al soportar IP QoS (Quality of Service – Calidad de Servicio) permite administrar el ancho de banda para las diferentes aplicaciones dentro de una red, optimizando de esta forma el canal de comunicación, evitando así la subutilización o mal uso de la red.

Firmware

Basados en la definición de la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) un firmware hace referencia a la combinación de un conjunto de instrucciones y datos de un dispositivo de hardware que se guarda en forma de solo lectura en ese mismo dispositivo y de forma específica. Esta información se guarda normalmente en una memoria tipo ROM FLASH Y EEPROM que a su vez controla el circuito electrónico del dispositivo (Aranda A. 2014). En la figura 6 se puede observar de manera gráfica el lugar intermedio que ocupa el Firmware en un sistema de comunicación y la relación que tiene con el hardware y el software para el funcionamiento de cualquier dispositivo electrónico. Muestra como el firmware estando dentro

del hardware recibe las instrucciones del SO y traduce las ordenes al dispositivo para que sean efectuadas.

Esquema de comunicación del *firmware con el hardware y software*



Figura 6. Esquema básico de interacción Software- Firmware-Hardware (Aranda A. 2014).

OpenWRT.

Es un firmware especializado para dispositivos embebidos como routers, gateways, firewalls, webcams desarrollado por Linksys, basado en un sistema operativo Linux, con el cual es posible expandir de manera amplia las posibilidades del sistema instalado en el mismo equipo. Al estar bajo Linux se puede controlar y ejecutar diferentes aplicaciones, configurar opciones de red y realizar una gran multitud de tareas.

OpenWRT cuenta con un gerente de empaquetacion que permite ser compilado según los que se requiera, agregando módulos, programas y funcionalidades.

Entre los usos más comunes están, por ejemplo:

- Utilizar el servidor SSH para SSH Tunneling.
- Configuración de una VPN.

- Instalar un cliente de BitTorrent.
- Software de servidor de gestión.
- Realizar configuración de tráfico y QoS.
- Crear una red de invitados.
- Capturar y analizar el tráfico de la red.
- Creación de un servidor de impresión para compartir impresoras en red.
- Configuración de balanceo de cargas entre las conexiones de red.

Ventajas

- Bajo costo.
- Bajo consumo eléctrico (12V CC entre 1A-2A).
- Varios usos y aplicaciones.
- Configuración amigable gracias a su interfaz web grafica fácil de entender.
- Cuenta con repositorios.

Desventajas

- Características técnicas muy limitadas (baja capacidad de procesamiento, de almacenaje y de memoria flash).
- Se limita a routers secundarios (Elotrolado.1999-2017)

DD-WRT

Es un firmware basado en Linux desarrollado para mejorar el rendimiento y las características de routers inalámbricos ya que ejecuta un reducido sistema operativo basado en GNU Linux. Además, este también es un firmware no oficial para Linksys y otros routers 802.11g

Esta actualización de firmware de código abierto se desarrolla para modelos de enrutadores específicos y se utiliza como un reemplazo para el firmware inconsistente (Firmware DD-WRT para routers. 2012-2017)

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

NATURALEZA DE LA INVESTIGACIÓN

Investigación Cuantitativa

Es aquel método de investigación el cual se basa en los números para investigar, analizar y comprobar información y datos. Los métodos cuantitativos utilizan valores cuantificables como lo son por ejemplo: porcentajes, tasas, magnitudes, costos entre otros. En este tipo de investigaciones se realizan preguntas netamente específicas tales como ¿Cuántos?, ¿Quiénes?, ¿en qué medida? Etc. y se obtienen respuestas de muestras numéricas.

Este método específica y delimita el resultado de la relación de las variables analizando toda la información numérica que se obtiene. El enfoque cuantitativo en una investigación presenta las características mostradas a continuación:

- Que el investigador plantee un problema de estudio y revise sus antecedentes.
- Se construya un marco teórico acerca del problema de investigación.
- Se realice una hipótesis derivada de esta teoría estudiada.
- Mediante el uso de diseños de investigación se pueda probar la hipótesis establecida.
- Procesos de investigación cuantitativa (Recolección de datos, métodos estadísticos, experimentación y análisis causa-efecto, interpretación de los datos, investigación objetiva, muestras en población, construcción y demostración de teorías, generación de conocimiento.

De manera gráfica se puede ver en la figura 7 la relación entre el concepto y el término cuantitativo que se puede presentar a la hora de llevar a cabo una investigación cuantitativa.

Por otro lado en la figura 8 se relacionan elementos como el objetivo de la investigación y el tipo de preguntas a nivel cuantitativo que pueden determinarse en investigaciones de este tipo.

Por ultimo en la figura 9 se observa la predicción y el control de manera generalizada de manera interrogativa.

CONCEPTO	TERMINO CUANTITATIVO
Persona que proporciona información	Sujeto Participante
Persona que emprende el estudio	Investigador Científico Estudioso
Lo que se investiga	Conceptos Constructor. Variables
Sistema para organizar conceptos	Teoría, marco teorico. Marco conceptual, modelo conceptual
Información reunida	Datos(valores numéricos)
Conexiones entre conceptos	Relaciones(de causa y efecto, funcionales)

Figura. 7 Concepto y términos cuantitativos. Posada, P. (2002)

OBJETIVO	TIPOS DE PREGUNTAS: INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA
Identificación	
Descripción	¿cuán prevalente es el fenómeno? ¿Con qué frecuencia ocurre? ¿Cuales son sus características?
Exploración	¿Qué factores se relacionan con el fenómeno? ¿Cuáles son los antecedentes del fenómeno?
Explicación	¿Cuales son las asociaciones medibles entre fenómenos? ¿Qué factores ocasionaron el fenómeno?

Figura 8. Objetivos y tipos de preguntas Posada, P. (2002)

	¿Explica la teoría al fenómeno?
Predicción y control	¿Qué ocurrirá si modificamos el fenómeno o introducimos una intervención? ¿Si ocurre el fenómeno X, le seguirá el fenómeno Y? ¿Cómo podemos hacer que el fenómeno ocurra o modifique su naturaleza o prevalencia? ¿Es posible controlar la ocurrencia del fenómeno?

Figura 9. Predicción y control. Posada, P. (2002)

DESARROLLO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN POR ENERGÍA SOLAR

El rendimiento que se especifica en las fichas técnicas de los paneles solares, es un valor obtenido en un laboratorio a 25°C y con una insolación de 1.000W/m², y se puede decir que es como un valor teórico al que en condiciones normales no conseguiremos llegar nunca, y que significa que un rendimiento del 15% supone que un panel solar de un metro cuadrado de superficie, es capaz de conseguir generar 150W de energía eléctrica en las condiciones antes expuestas.

Por tanto, para saber qué panel tiene mejor rendimiento, bastaría con mirar el % de rendimiento que pone en la ficha técnica de los paneles o placas fotovoltaicas, o si no la tenemos podríamos realizar un sencillo cálculo para saber los W/m² de panel en cada caso. Este cálculo se puede realizar dividiendo los W que puede generar el panel, entre la superficie en metros cuadrados de éste (ancho x largo en metros) (Ecosolar 2015). La figura 10 muestra las especificaciones del panel solar IPS-100 usado en el proyecto:

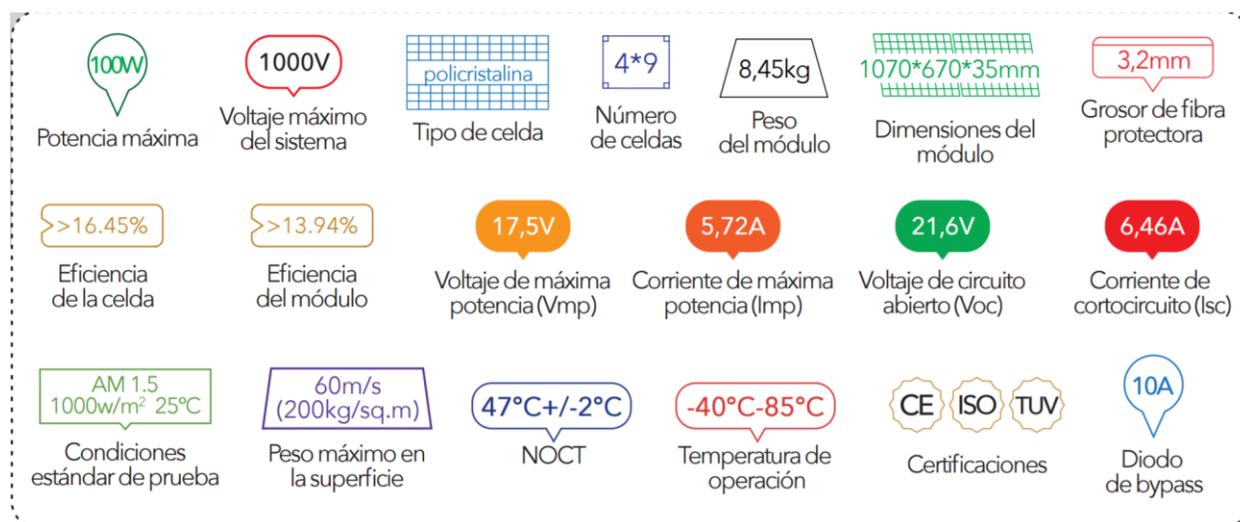


Figura 10. Características panel solar de 100 W. (INTI. Energía solar fotovoltaica)

La figura 11 son las especificaciones de hardware del Router TL-WDR4300:

Interfaz	4 Puertos LAN 10/100/1000Mbps 1 Puerto WAN 10/100/1000Mbps 2 Puertos USB 2.0
Botón	Botón WPS/Reset Button Switch Inalámbrico Encendido/Apagado Botón de Encendido / Apagado
Antenas	3 Antenas Externas Desmontables Banda Dual (RP-SMA)
Fuente de Alimentación Externa	12VDC / 1.5A
Dimensiones (W X D X H)	9.6x6.4x1.3 pulgadas.(243x160.6x32.5mm)

Figura 11. Características de hardware (TP-Link Technologies Co., Ltd. 2017)

La figura 12 muestra las características de un panel luminoso de 15W

	Código Producto	CA-5050-12V-15W	?
	Instalación	IP25	?
	Tensión Nominal	12V AC/DC	?
	Potencia Nominal	15W	?
	Angulo de Apertura	360°	?
	Dimable	No	?
	Luminosidad	1200Lm	?
	Frecuencia de Trabajo	50/60 Hz	?
	Rango Temperatura	-20 +40°C	?
	Información Adicional	No utilizar en apliques cerrados debido a sobrecalentamiento	?

Figura 12. Especificaciones Técnicas Bombillo Led. Green Ice S.L. (2017)

La figura 13 muestra las características de la batería:

Rechargeable Sealed Lead Acid Battery **We've Got The Power.™**

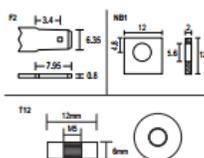


Features

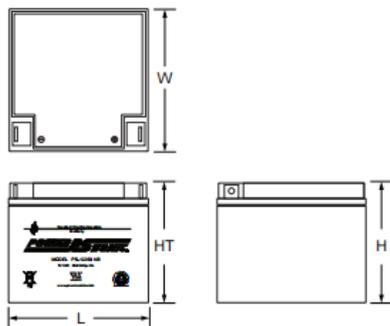
- Absorbent Glass Mat (AGM) technology for superior performance
- Valve regulated, spill proof construction allows safe operation in any position
- Power/volume ratio yielding unrivaled energy density
- Rugged impact resistant ABS case and cover (UL94-HB)
- Approved for transport by air. D.O.T., I.A.T.A., F.A.A. and C.A.B. certified
- U.L. recognized under file number MH 20845

Terminals: (mm)

- F2 - Quick disconnect tabs, 0.250" x 0.032"
• Mate with AMP. INC FASTON "250" series
- NB1- Tin plated brass post with 5mm nut & bolt connectors
- T12 - Threaded insert with 5mm stud



Physical Dimensions: in (mm)



L: 6.56 [167] W: 6.97 [177] H: 4.92 [125] HT: 4.92 [125]

Tolerances are +/- 0.04 in. (+/- 1mm) and +/- 0.08 in. (+/- 2mm) for height dimensions. All data subject to change without notice.

Performance Specifications

Nominal Voltage	12 volts (6 cells)
Nominal Capacity	
20-hr. (1.3A to 10.50 volts)	26.0 AH
10-hr. (2.4A to 10.50 volts)	24.0 AH
5-hr. (4.4A to 10.20 volts)	22.0 AH
1-hr. (16.1A to 9.00 volts)	16.1 AH
15-min. (51A to 9.00 volts)	12.8 AH
Approximate Weight	17.00 lbs. (7.71 kg)
Energy Density (20-hr. rate)	1.39 Wh/in ³ (84.64 Wh/l)
Specific Energy (20-hr. rate)	18.35 Wh/lb (40.46 Wh/kg)
Internal Resistance (approx.)	14 milliohms
Max Discharge Current (7 Min.)	78.0 amperes
Max Short-Duration Discharge Current (10 Sec.) ..	260.0 amperes
Shelf Life (% of nominal capacity at 68°F (20°C))	
1 Month	97%
3 Months	91%
6 Months	83%
Operating Temperature Range	
Charge	-4°F (-20°C) to 122°F (50°C)
Discharge	-40°F (-40°C) to 140°F (60°C)
Case	ABS Plastic
Power-Sonic Chargers	PSC-122000A, 124000A, 122000A-C, 124000A-C

Figura 13. Especificaciones técnicas baterías. Power-Sonic Corporation (2015)

PATRONES DE RADIACIÓN SOLAR

Mediante el conocimiento y el estudio de la disponibilidad energética solar se facilita el aprovechamiento de este recurso natural en el uso de tecnologías y sistemas que transforman esa

energía alternativa en diversas formas de energía útil, ya sean aplicaciones fotovoltaicas o térmicas en donde se produce electricidad, destilación solar y otros usos que se le pueden llegar a dar como por ejemplo iluminación, comunicaciones, bombeos de agua entre otras.

Para el desarrollo del proyecto fue necesario analizar la cantidad de energía de la radiación solar en términos de potencia que incide sobre el territorio colombiano, centrandose la atención en la ciudad de Bogotá, lugar donde se presentara por primera vez el proyecto.

En la figura 14 se puede observar un mapa solar de Colombia con el promedio multianual de la radiación solar incidente sobre todo el territorio colombiano para los meses de mayo y junio respectivamente.

Mediante las convenciones mostradas en el mapa se indica la intensidad de la radiación solar dada en KWh/m² día. La unidad de la energía utilizada es la de kilovatio hora lo cual es equivalente a 3.600 kilo-Julios.

Bogotá presenta niveles de 3.5 y 4.0 para mayo y junio.

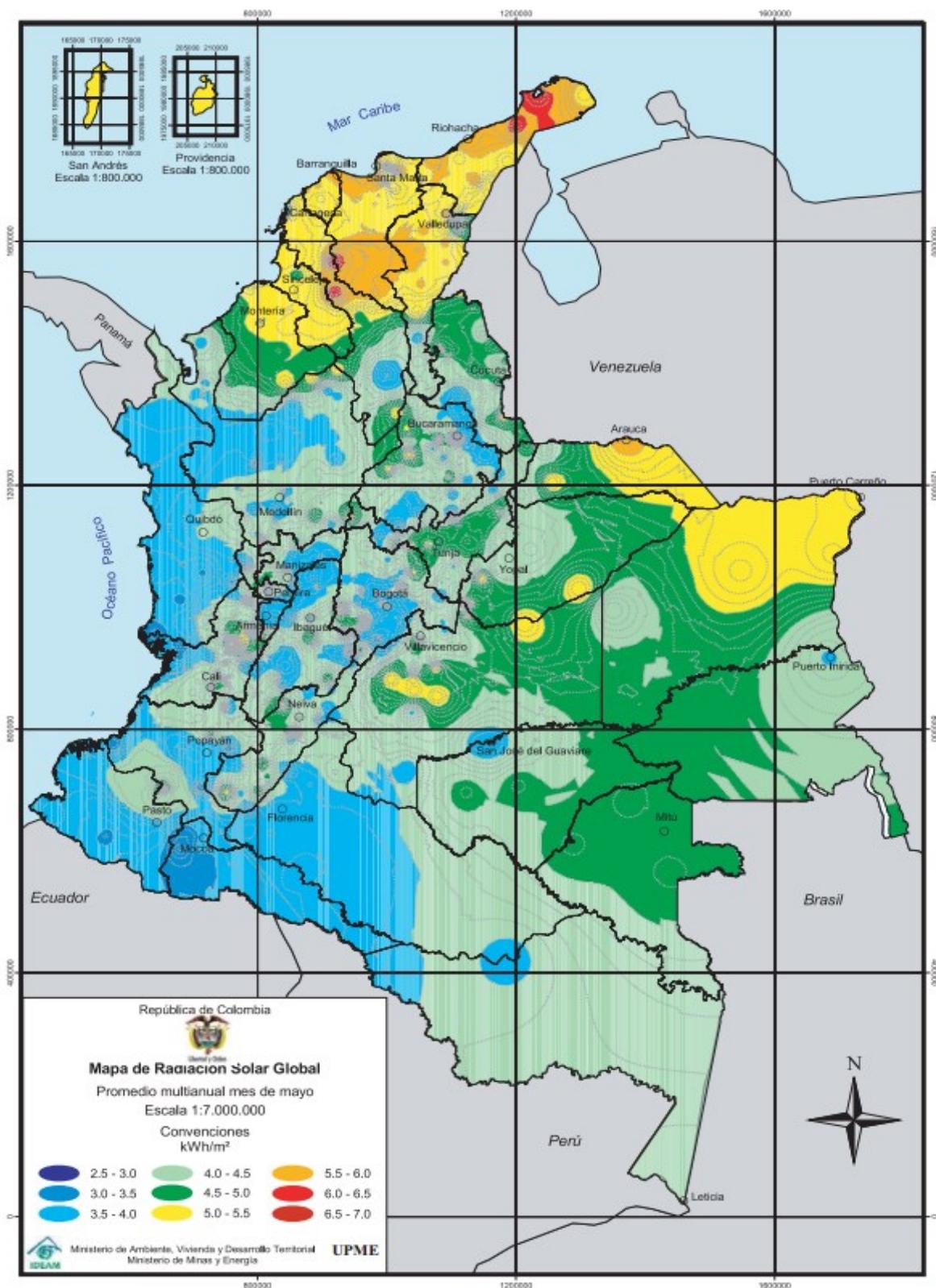


Figura 14. Mapa de Radiación Solar en Colombia Valor Promedio Multianual Mayo. UPME
(2017)

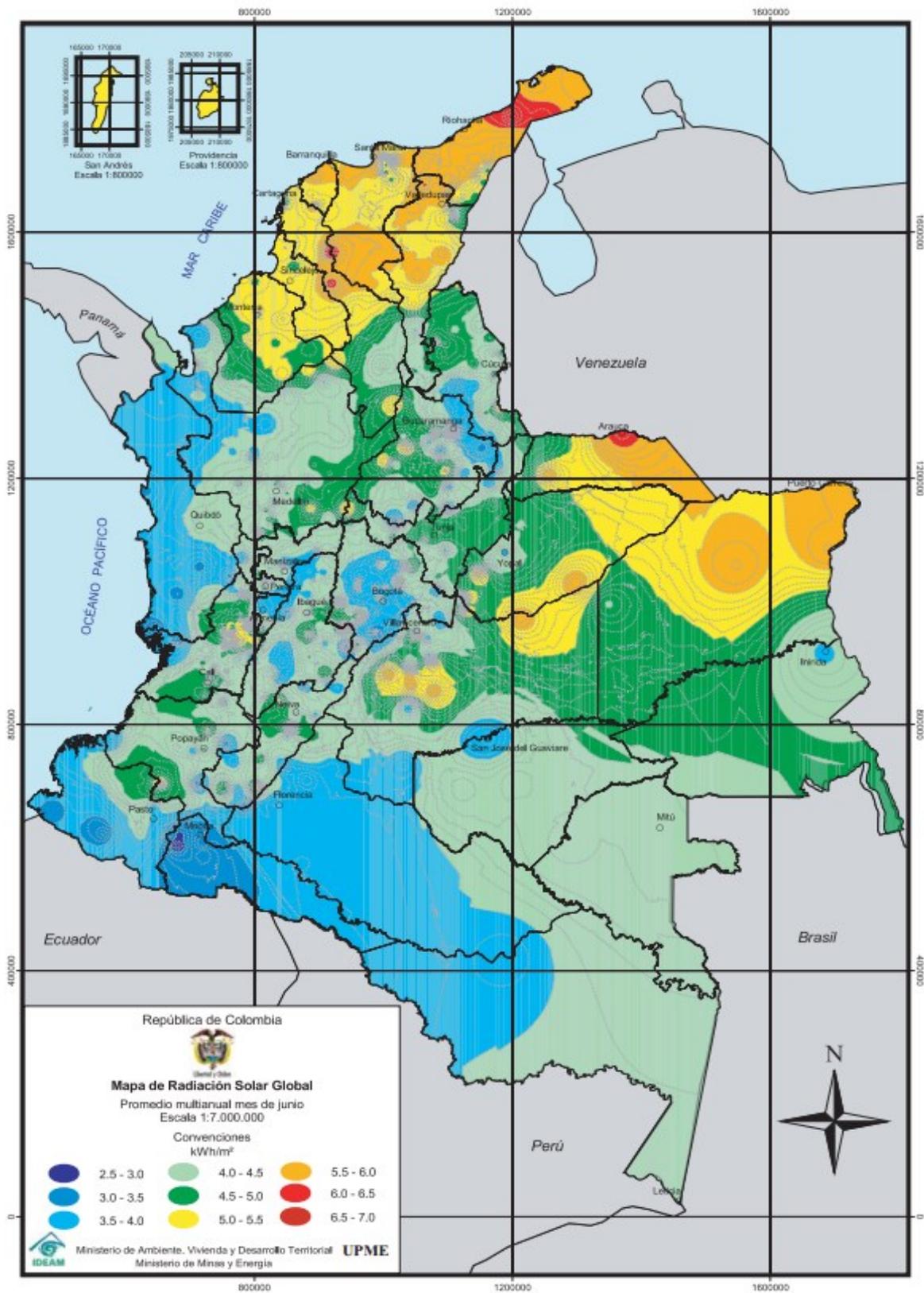


Figura 15. Mapa de Radiación Solar en Colombia Valor Promedio Multianual Junio. UPME (2017).

Extrayendo Bogotá del mapa general se pueden ver en la figura 16 mas de cerca las 5 isolineas las cuales aumentan de valor en 0.1 dentro del rango ya mencionado de 3.5 a 4 kWh/m².

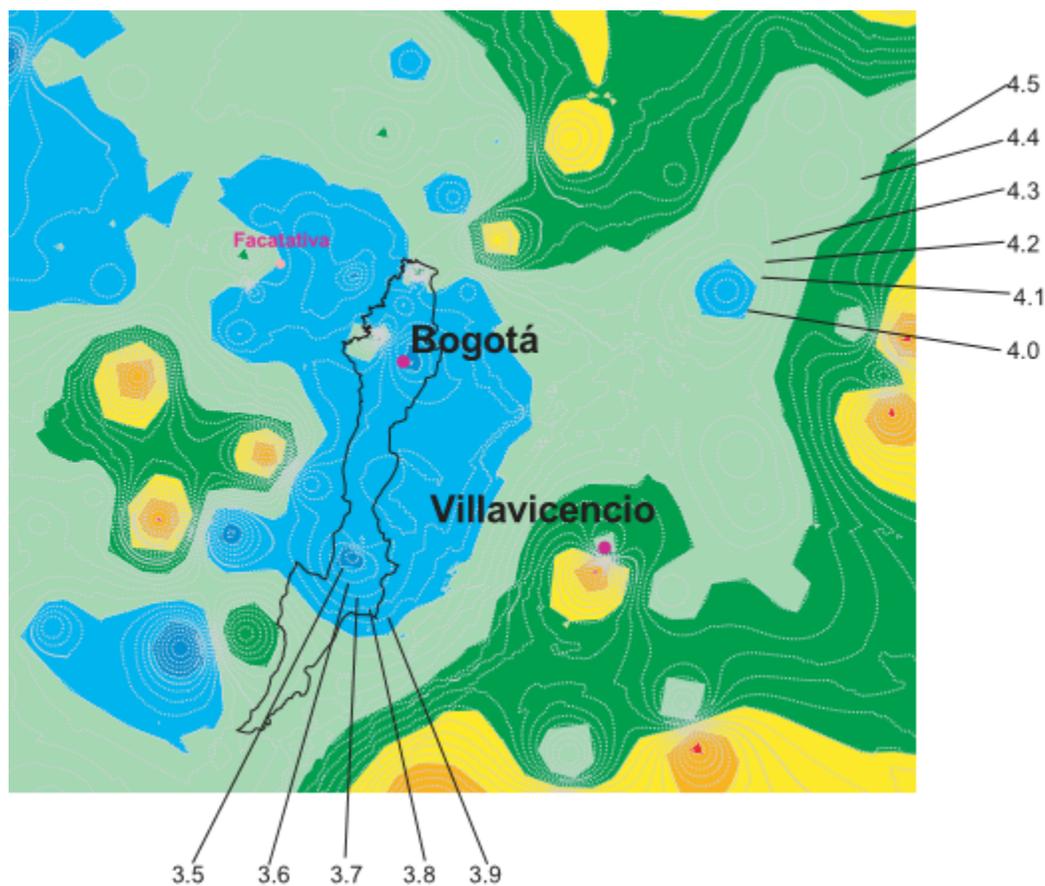


Figura 16. Radiación Solar en Bogotá Valor Promedio Multianual. UPME (2017).

En la figura 17 se relaciona la disponibilidad promedio multianual de la energía solar dividida en las 6 regiones naturales del país, ubicándose Bogotá en la andina con un valor de aproximado de 1.643 kWh/m²/año.

REGIÓN	kWh/m ² /año
GUAJIRA	2.190
COSTA ATLÁNTICA	1.825
ORINOQUIA	1.643
AMAZONIA	1.551
ANDINA	1.643
COSTA PACÍFICA	1.278

Figura 17. Promedio Multianual de Energía Solar por Regiones. UPME (2017).

CÁLCULO DE LOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN SOLAR

Para hallar el número de paneles que se deben usar, se debe aplicar al total de la potencia requerida una constante del 75% por rendimiento de trabajo que se da por variables externas como suciedad, obstáculos o posible avería del panel solar.

Elemento	Cantidad	Watts	Horas de uso	Potencia requerida
Bombillo	1	15	8	120
Router	1	4.6	24	110.4
Circuito de telemetría	1	0.5	24	12
Controlador	1	1.05	24	25.2
TOTAL Wh/día				267.6
TOTAL + 75%				468.3
PANELES A USAR				1.784

$$\text{Número de paneles} = \frac{\text{energía necesaria}}{\text{(hora solar pico * rendimiento de trabajo * potencia panel)}}$$

Dando valores:

$$\text{NP} = \frac{468.3 \text{ Wh/día}}{(3.5 \text{ kWh/m}^2 * 0.75 * 100 \text{ W})}$$

NP= 1.784 Paneles

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONEXIÓN INALÁMBRICA

TOPOLOGÍA: La figura 18 muestra la topología de red que se usa en el proyecto para la interconexión de los nodos:

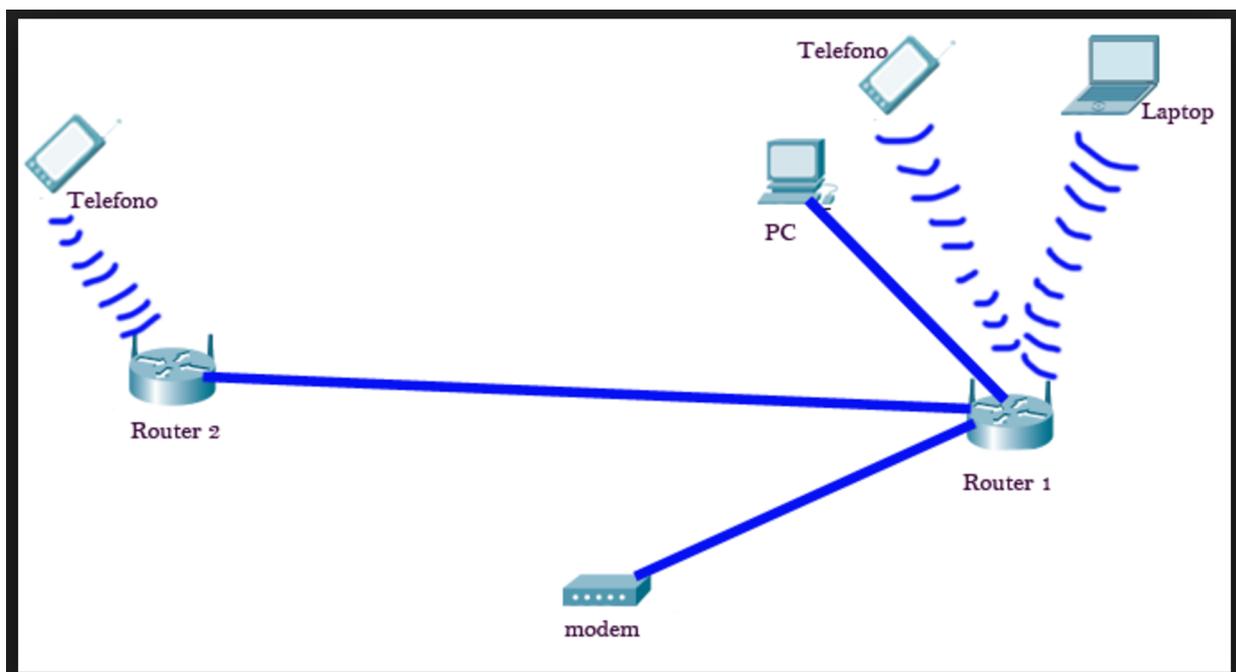


Figura 18. Topología del proyecto (Networking Academy Cisco)

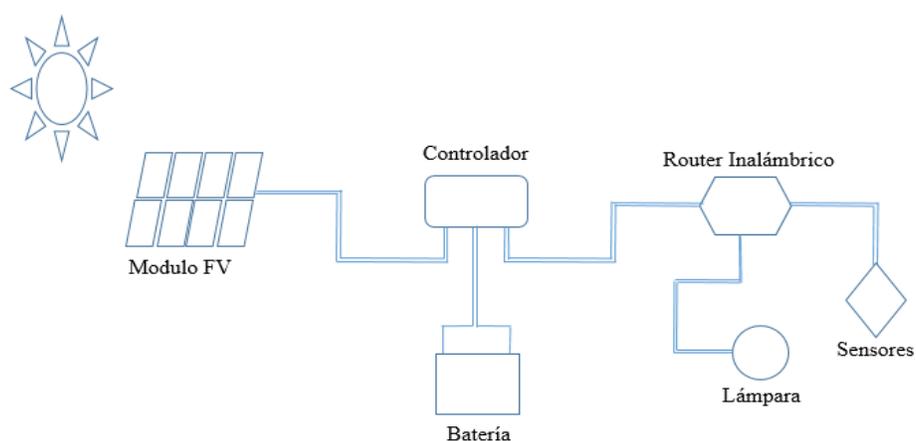


Figura 19. Diagrama del proyecto basado en el sistema de telemetría (Gomez C, Valencia G.)

RESULTADOS

RESULTADOS DE DESCARGA DEL SISTEMA SOLAR

La figura 20 muestra el estado de la descarga de la batería al conectarle todos los elementos

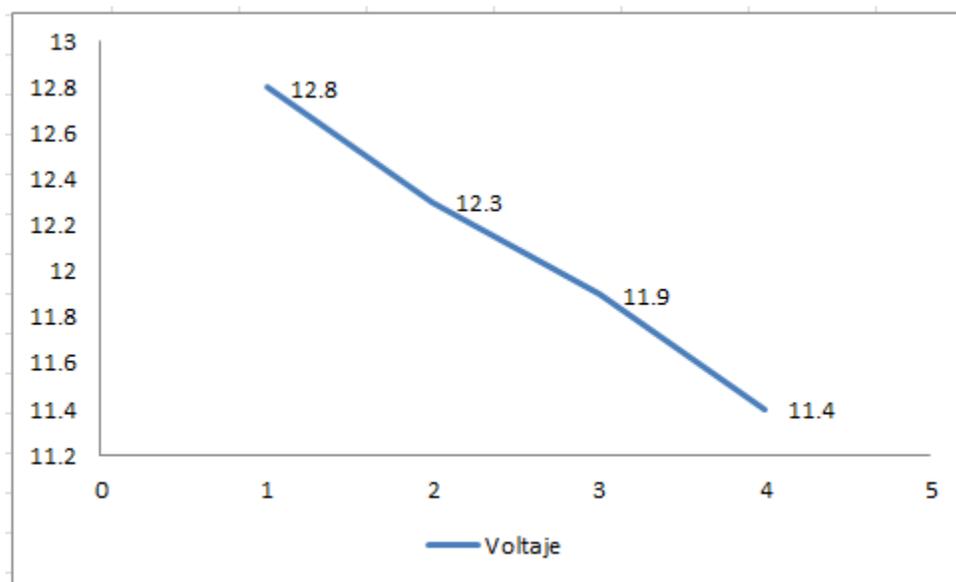


Figura 20. Descarga de la batería Tiempo vs. Voltaje

Como se aprecia, al cabo de 2 días la batería ya empezaba a descargarse, dando como un resultado para nosotros el tiempo de autonomía del proyecto

RESULTADOS DE CARGA DEL SISTEMA SOLAR

La figura 21 muestra el estado de la carga de la batería al conectarle todos los elementos

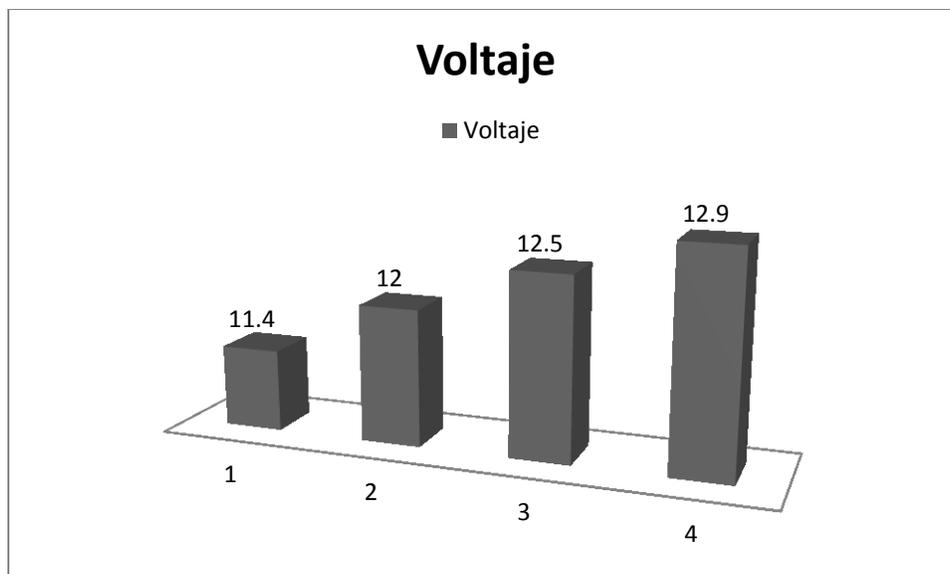


Figura 21. Carga de la batería Tiempo vs. Voltaje

El valor mínimo de la carga de la batería no fue tan bajo como lo pensábamos (11.4V) y al cabo de unas horas ya estaba en su valor real de fabrica (12V). También decidimos hacer pruebas en días donde la intensidad del sol era muy variable como días nublados o de intenso calor y los resultados están en la siguiente figura:

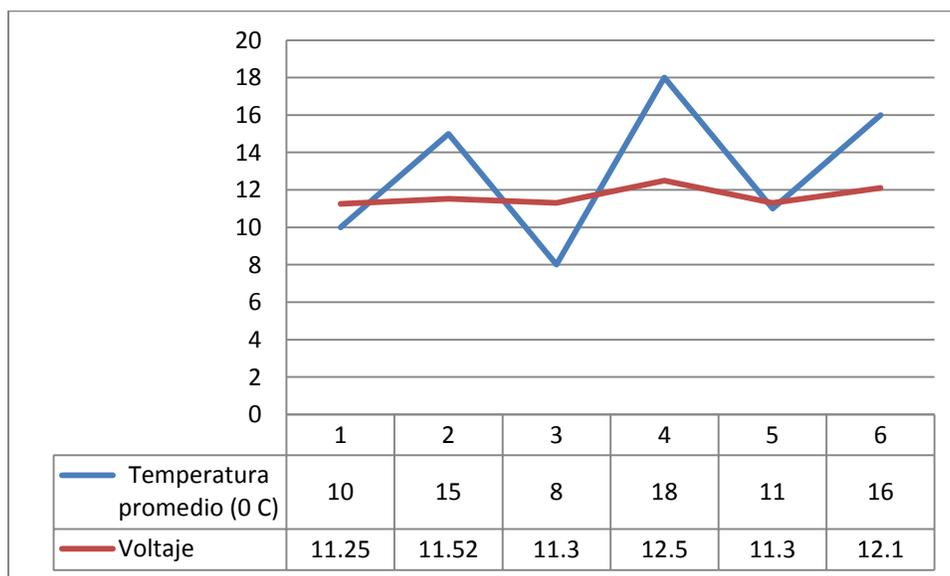


Figura 22. Carga de la batería con diversas temperaturas.

RESULTADOS DE LA INTERCONEXIÓN DE NODOS.

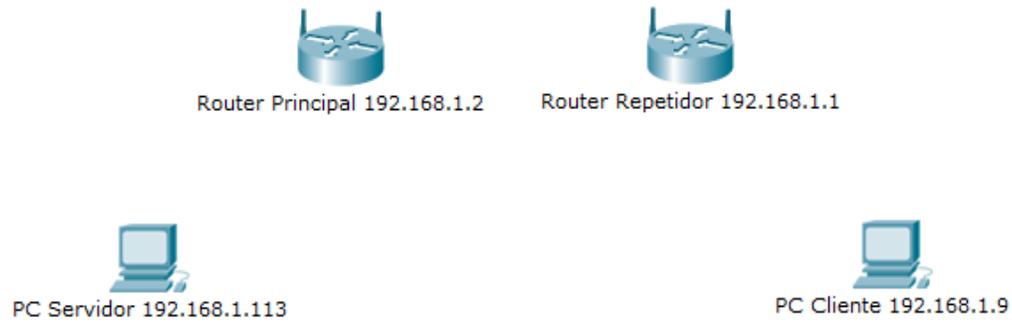


Figura 24. Diagrama de red y direccionamiento ip.

1. Al conectar el computador cliente por WIFI al router puente repetidor 1 , se puede ver que el PC toma automaticamente una direccion ip bajo el mismo dominio asi como lo muestra la figura 24, en este caso tomo la 192.168.1.9 y se observa la conexión al gateway 192.168.1.1.

```

C:\Users\DANIEL GUZMAN>IPCONFIG

Configuración IP de Windows

Adaptador de Ethernet DanielGuzmanC:

    Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
    Vínculo: dirección IPv6 local. . . : fe80::30fe:e9fc:abea:3792%5
    Dirección IPv4 de configuración automática: 169.254.55.146
    Máscara de subred . . . . . : 255.255.0.0
    Puerta de enlace predeterminada . . . . . :

Adaptador de LAN inalámbrica Conexión de área local* 2:

    Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
    Sufijo DNS específico para la conexión. . . :

Adaptador de Ethernet Ethernet:

    Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
    Sufijo DNS específico para la conexión. . . :

Adaptador de LAN inalámbrica Wi-Fi:

    Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
    Vínculo: dirección IPv6 local. . . : fe80::fcdd:6c97:a6e3:4121%16
    Dirección IPv4. . . . . : 192.168.1.9
    Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
    Puerta de enlace predeterminada . . . . . : 192.168.1.1

Adaptador de Ethernet Conexión de red Bluetooth:

    Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
    Sufijo DNS específico para la conexión. . . :

Adaptador de túnel isatap.{8DD4A73A-FCED-4535-A7CD-300D4A4AE390}:

```

Figura 24. Dirección IP equipo cliente conectado al nodo puente receptor 1 .

- En la figura 25 se valida la conexión entre el computador y el router mediante el uso del comando ping, en el cual se observa la respuesta con sus respectivos tiempos y estadísticas del ping.

```

C:\Users\DANIEL GUZMAN>PING 192.168.1.2

Haciendo ping a 192.168.1.2 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.1.2:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 1ms, Máximo = 2ms, Media = 1ms

```

Figura 25. Respuesta de ping entre el PC Cliente y el Router 1.


```

Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=4ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=5ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=3ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=3ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=3ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.1.2:
    Paquetes: enviados = 100, recibidos = 100, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 1ms, Máximo = 10ms, Media = 2ms

```

Figura 27. Envío de 100 paquetes entre el PC Cliente y el Access Point.

5. Conexión entre el equipo cliente y el equipo servidor con la dirección IP 192.168.1.113. en la figura 28 se puede observar la respuesta de un equipo a otro.

```

Adaptador de túnel Teredo Tunneling Pseudo-Interface:

    Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
    Sufijo DNS específico para la conexión. . :

Adaptador de túnel isatap.{8DD4A73A-FCED-4535-A7CD-30DD4A4AE390}:

    Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
    Sufijo DNS específico para la conexión. . :

C:\Users\DANIEL GUZMAN>ping 192.168.1.113

Haciendo ping a 192.168.1.113 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.113: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.1.113:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 4ms, Máximo = 4ms, Media = 4ms

```

Figura 28. Respuesta a ping entre equipo servidor y equipo cliente.

6. Se realiza el envío de 100 paquetes desde el equipo cliente al equipo servidor para exigir un poco más la conexión y se observa en la figura 29 que no se pierde ninguno de los paquetes por lo cual se concluye una conexión estable y confiable.

```
Respuesta desde 192.168.1.113: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.113: bytes=32 tiempo=11ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.113: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.113: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.113: bytes=32 tiempo=3ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.113: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.113: bytes=32 tiempo=5ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.113: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.113: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.113: bytes=32 tiempo=3ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.113: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.113: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.113: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.113: bytes=32 tiempo=9ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.113: bytes=32 tiempo=6ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.113: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.113: bytes=32 tiempo=3ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.1.113:
    Paquetes: enviados = 100, recibidos = 100, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 2ms, Máximo = 198ms, Media = 7ms

C:\Users\DANIEL GUZMAN>
```

Figura 29. Transferencia de 100 paquetes entre equipo servidor y equipo cliente.

7. Al conectar el computador modo servidor por WIFI al router Access Point, se puede ver que el PC toma automáticamente una dirección IP bajo el mismo dominio, en este caso tomo la 192.168.1.113 y se observa la conexión al gateway 192.168.1.1, esto se puede apreciar en la figura 30.

```

Adaptador de LAN inalámbrica Conexión de red inalámbrica:

  Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
  Vínculo: dirección IPv6 local. . . . . : fe80::e451:20f0:a740:d398%13
  Dirección IPv4. . . . . : 192.168.1.113
  Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
  Puerta de enlace predeterminada . . . . . : 192.168.1.1

Adaptador de Ethernet Conexión de área local:

  Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
  Vínculo: dirección IPv6 local. . . . . : fe80::ac37:2ce1:e5ef:66a0%10
  Dirección IPv4. . . . . : 192.168.1.142
  Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
  Puerta de enlace predeterminada . . . . . : 192.168.1.1

Adaptador de túnel isatap.{DC47A5AA-5ED8-4D1C-B953-D7D06BC10B17}:

```

Figura 30. Dirección IP equipo servidor conectado al nodo access point .

8. Se valida la conexión entre el servidor y el router mediante el uso del comando ping, en el cual se observa la respuesta con sus respectivos tiempos y estadísticas del ping como lo señala la figura 31.

```

C:\Users\Michael Cortes>
C:\Users\Michael Cortes>
C:\Users\Michael Cortes>
C:\Users\Michael Cortes>ping 192.168.1.1

Haciendo ping a 192.168.1.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.1.1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms

```

Figura 31. Conexión entre el PC Servidor y el Router Principal.


```

C:\Users\Michael Cortes>ping 192.168.1.2

Haciendo ping a 192.168.1.2 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=104ms TTL=63
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=3ms TTL=63
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=1ms TTL=63
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=1ms TTL=63

Estadísticas de ping para 192.168.1.2:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 1ms, Máximo = 104ms, Media = 27ms

```

Figura 33. Conexión entre el PC Servidor y el router repetidor.

11. La figura 34 señala la conexión entre el servidor y el router repetidor en una transferencia de 100 de los cuales se transmiten el 100% de los mismos indicando una buena conexión.

```

Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=1ms TTL=63
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=28ms TTL=63
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=1ms TTL=63
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=1ms TTL=63
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=3ms TTL=63
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=19ms TTL=63
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=1ms TTL=63
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=1ms TTL=63
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=1ms TTL=63
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=13ms TTL=63
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=37ms TTL=63
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=1ms TTL=63
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=1ms TTL=63
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=1ms TTL=63
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=26ms TTL=63
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=4ms TTL=63

Estadísticas de ping para 192.168.1.2:
    Paquetes: enviados = 100, recibidos = 100, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 1ms, Máximo = 37ms, Media = 7ms

```

Figura 34. Conexión entre el PC Servidor y el router repetidor transferencia de 100 paquetes.

12. La imagen 35 comprende la conexión entre el servidor y equipo cliente.

```
C:\Users\Michael Cortes>ping 192.168.1.9

Haciendo ping a 192.168.1.9 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.1.9:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 1ms, Máximo = 1ms, Media = 1ms
```

Figura 35. Conexión entre el PC Servidor y PC cliente.

13. Se realiza el envío de 100 paquetes desde el computador cliente al servidor para exigir un poco más la conexión y se observa en la figura 36 que no se pierde ninguno de los paquetes por lo cual se concluye una conexión estable y confiable.

```

Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=2ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=23ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=13ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.1.9:
  Paquetes: enviados = 100, recibidos = 100, perdidos = 0
  (0% perdidos),
  Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
  Mínimo = 0ms, Máximo = 60ms, Media = 2ms

```

Figura 36. Conexión entre el PC Servidor y PC cliente mayor transferencia de paquetes.

14. Mediante el uso de un software llamado IPERF se analizo el ancho de banda disponible del canal de datos el cual utiliza el protocolo de internet (IP). IPERF ayudó en la medición del máximo desempeño del ancho de banda ya sea TCP o UDP permitiendo ajustar diferentes características y parámetros de ambos protocolos.
15. Se realiza la instalacion del IPERF en modo servidor en el equipo principal, despues de instalado se observa en la figura 37 como queda listo en “escucha” mediante el puerto 5201 y el uso del protocolo TCP.

```

C:\Users>cd..
C:\>cd iperf
C:\iperf>cd iperf-3.1.3-win64
C:\iperf\iperf-3.1.3-win64>iperf.exe -s
"iperf.exe" no se reconoce como un comando interno o externo,
programa o archivo por lotes ejecutable.
C:\iperf\iperf-3.1.3-win64>iperf3.exe -s
-----
Server listening on 5201

```

Figura 37. Instalacion de IPERF modo Servidor.

16. Se realiza la instalación del IPERF en modo cliente en el equipo tipo cliente, apuntando a la dirección del servidor 192.168.1.113 a donde se quiere conectar. Se establece la conexión en la figura 38.

```

C:\iperf>cd iperf-3.1.3-win64
C:\iperf\iperf-3.1.3-win64>iperf3.exe -c 192.168.1.113 -p5201
Connecting to host 192.168.1.113, port 5201
[ 4] local 192.168.1.9 port 55080 connected to 192.168.1.113 port 5201

```

Figura 38. Instalacion de IPERF modo cliente.

17. Después de establecida la conexión automáticamente genera el primer análisis del ancho de banda el cual muestra que en un intervalo de 10 segundos se transfirieron 22.5 MBytes con un ancho de banda de 18.8 Mbit/segundo detallado en la figura 39 y 40.

```

C:\iperf>cd iperf-3.1.3-win64
C:\iperf\iperf-3.1.3-win64>iperf3.exe -c 192.168.1.113 -p5201
Connecting to host 192.168.1.113, port 5201
[ 4] local 192.168.1.9 port 55080 connected to 192.168.1.113 port 5201
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[ 4]  0.00-1.01  sec  2.38 MBytes  19.7 Mbits/sec
[ 4]  1.01-2.00  sec  2.25 MBytes  19.0 Mbits/sec
[ 4]  2.00-3.00  sec  2.00 MBytes  16.8 Mbits/sec
[ 4]  3.00-4.00  sec  2.25 MBytes  18.9 Mbits/sec
[ 4]  4.00-5.00  sec  2.12 MBytes  17.8 Mbits/sec
[ 4]  5.00-6.01  sec  2.38 MBytes  19.8 Mbits/sec
[ 4]  6.01-7.00  sec  2.38 MBytes  20.1 Mbits/sec
[ 4]  7.00-8.01  sec  2.50 MBytes  20.8 Mbits/sec
[ 4]  8.01-9.00  sec  2.12 MBytes  17.9 Mbits/sec
[ 4]  9.00-10.01 sec  2.12 MBytes  17.7 Mbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[ 4]  0.00-10.01  sec  22.5 MBytes  18.9 Mbits/sec  sender
[ 4]  0.00-10.01  sec  22.5 MBytes  18.9 Mbits/sec  receiver

iperf Done.
C:\iperf\iperf-3.1.3-win64>iperf3.exe -c 192.168.1.113 -p5201

```

Figura 39. Analisis transferencia de datos y ancho de banda.

```

C:\iperf\iperf-3.1.3-win64>iperf3.exe -s
-----
Server listening on 5201
-----
Accepted connection from 192.168.1.9, port 55079
[ 5] local 192.168.1.113 port 5201 connected to 192.168.1.9 port 55080
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[ 5]  0.00-1.00  sec  2.25 MBytes  18.9 Mbits/sec
[ 5]  1.00-2.00  sec  2.25 MBytes  18.9 Mbits/sec
[ 5]  2.00-3.00  sec  2.00 MBytes  16.7 Mbits/sec
[ 5]  3.00-4.00  sec  2.28 MBytes  19.1 Mbits/sec
[ 5]  4.00-5.00  sec  2.08 MBytes  17.5 Mbits/sec
[ 5]  5.00-6.00  sec  2.41 MBytes  20.2 Mbits/sec
[ 5]  6.00-7.00  sec  2.40 MBytes  20.1 Mbits/sec
[ 5]  7.00-8.00  sec  2.41 MBytes  20.2 Mbits/sec
[ 5]  8.00-9.00  sec  2.21 MBytes  18.5 Mbits/sec
[ 5]  9.00-10.00 sec  2.08 MBytes  17.5 Mbits/sec
[ 5] 10.00-10.06 sec   127 KBytes  18.9 Mbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[ 5]  0.00-10.06  sec    0.00 Bytes  0.00 bits/sec  sender
[ 5]  0.00-10.06  sec  22.5 MBytes  18.8 Mbits/sec  receiver

```

Figura 40. Analisis transferencia de datos y ancho de banda.

18. En un segundo se puede apreciar en la imagen 41 y 42 el envio y la recepcion respectivamente del análisis acercando un poco más los nodos el ancho de banda los valores cambiaron de esta manera . Es decir entre más cerca estuvieron los nodos mayor fue la transferencia y el ancho de banda.

```

C:\iperf\iperf-3.1.3-win64>iperf3.exe -c 192.168.1.113 -p5201
Connecting to host 192.168.1.113, port 5201
[ 4] local 192.168.1.9 port 55092 connected to 192.168.1.113 port 5201
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[ 4]  0.00-1.00  sec  3.12 MBytes  26.1 Mbits/sec
[ 4]  1.00-2.00  sec  3.25 MBytes  27.3 Mbits/sec
[ 4]  2.00-3.01  sec  3.12 MBytes  26.0 Mbits/sec
[ 4]  3.01-4.00  sec  3.00 MBytes  25.3 Mbits/sec
[ 4]  4.00-5.00  sec  3.00 MBytes  25.2 Mbits/sec
[ 4]  5.00-6.00  sec  3.00 MBytes  25.2 Mbits/sec
[ 4]  6.00-7.00  sec  3.00 MBytes  25.1 Mbits/sec
[ 4]  7.00-8.00  sec  3.25 MBytes  27.2 Mbits/sec
[ 4]  8.00-9.01  sec  3.12 MBytes  26.1 Mbits/sec
[ 4]  9.01-10.01 sec  2.88 MBytes  24.1 Mbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[ 4]  0.00-10.01 sec  30.8 MBytes  25.8 Mbits/sec  sender
[ 4]  0.00-10.01 sec  30.8 MBytes  25.8 Mbits/sec  receiver

```

Figura 41. Analisis transferencia de datos y ancho de banda.

```

Accepted connection from 192.168.1.9, port 55091
[ 5] local 192.168.1.113 port 5201 connected to 192.168.1.9 port 55092
[ ID] Interval          Transfer          Bandwidth
[ 5]  0.00-1.00      sec  2.78 MBytes     23.3 Mbits/sec
[ 5]  1.00-2.00      sec  3.22 MBytes     27.0 Mbits/sec
[ 5]  2.00-3.00      sec  3.25 MBytes     27.3 Mbits/sec
[ 5]  3.00-4.00      sec  3.01 MBytes     25.2 Mbits/sec
[ 5]  4.00-5.00      sec  2.87 MBytes     24.1 Mbits/sec
[ 5]  5.00-6.00      sec  3.07 MBytes     25.7 Mbits/sec
[ 5]  6.00-7.00      sec  3.06 MBytes     25.6 Mbits/sec
[ 5]  7.00-8.00      sec  3.16 MBytes     26.5 Mbits/sec
[ 5]  8.00-9.00      sec  3.16 MBytes     26.6 Mbits/sec
[ 5]  9.00-10.00     sec  2.95 MBytes     24.7 Mbits/sec
[ 5] 10.00-10.07     sec   235 KBytes     27.9 Mbits/sec
-----
[ ID] Interval          Transfer          Bandwidth
[ 5]  0.00-10.07     sec    0.00 Bytes     0.00 bits/sec      sender
[ 5]  0.00-10.07     sec   30.8 MBytes     25.6 Mbits/sec      receiver
-----
Server listening on 5201

```

Figura 42. Analisis transferencia de datos y ancho de banda.

19. En un tercer análisis se cambia el tamaño del paquete enviado a 2048 Bytes mostrado en la figura 43.

```

iperf Done.

C:\iperf\iperf-3.1.3-win64>iperf3.exe -c 192.168.1.113 -w 2048
Connecting to host 192.168.1.113, port 5201
[ 4] local 192.168.1.9 port 55106 connected to 192.168.1.113 port 5201
[ ID] Interval          Transfer          Bandwidth
[ 4]  0.00-1.00      sec   372 KBytes     3.05 Mbits/sec
[ 4]  1.00-2.00      sec   358 KBytes     2.93 Mbits/sec
[ 4]  2.00-3.00      sec   342 KBytes     2.80 Mbits/sec
[ 4]  3.00-4.00      sec   368 KBytes     3.01 Mbits/sec
[ 4]  4.00-5.00      sec   344 KBytes     2.82 Mbits/sec
[ 4]  5.00-6.00      sec   366 KBytes     3.00 Mbits/sec
[ 4]  6.00-7.00      sec   340 KBytes     2.79 Mbits/sec
[ 4]  7.00-8.00      sec   342 KBytes     2.80 Mbits/sec
[ 4]  8.00-9.00      sec   388 KBytes     3.18 Mbits/sec
[ 4]  9.00-10.00     sec   386 KBytes     3.16 Mbits/sec
-----
[ ID] Interval          Transfer          Bandwidth
[ 4]  0.00-10.00     sec   3.52 MBytes     2.95 Mbits/sec      sender
[ 4]  0.00-10.00     sec   3.52 MBytes     2.95 Mbits/sec      receiver
iperf Done.

```

Figura 43. Analisis transferencia de datos y ancho de banda paquetes de 2048 Bytes.

20. En un cuarto análisis se cambia el tamaño del paquete enviado a 4096 Bytes así como lo indica la figura 44.

```
iperf Done.  
C:\iperf\iperf-3.1.3-win64>iperf3.exe -c 192.168.1.113 -w 4096  
Connecting to host 192.168.1.113, port 5201  
[ 4] local 192.168.1.9 port 55108 connected to 192.168.1.113 port 5201  
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth  
[ 4] 0.00-1.00  sec    676 KBytes  5.53 Mbits/sec  
[ 4] 1.00-2.00  sec    708 KBytes  5.81 Mbits/sec  
[ 4] 2.00-3.00  sec    656 KBytes  5.37 Mbits/sec  
[ 4] 3.00-4.00  sec    700 KBytes  5.74 Mbits/sec  
[ 4] 4.00-5.00  sec    664 KBytes  5.44 Mbits/sec  
[ 4] 5.00-6.00  sec    668 KBytes  5.47 Mbits/sec  
[ 4] 6.00-7.00  sec    564 KBytes  4.62 Mbits/sec  
[ 4] 7.00-8.00  sec    616 KBytes  5.05 Mbits/sec  
[ 4] 8.00-9.00  sec    552 KBytes  4.52 Mbits/sec  
[ 4] 9.00-10.00 sec    520 KBytes  4.26 Mbits/sec  
-----  
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth  
[ 4] 0.00-10.00 sec    6.18 MBytes  5.18 Mbits/sec  sender  
[ 4] 0.00-10.00 sec    6.17 MBytes  5.18 Mbits/sec  receiver  
iperf Done.
```

Figura 44. Analisis transferencia de datos y ancho de banda paquetes de 4096 Bytes.

21. En un quinto análisis se cambia el tamaño del paquete enviado a 8196 Bytes. Se aprecia los resultados en la figura 45.

```

iperf Done.

C:\iperf\iperf-3.1.3-win64>iperf3.exe -c 192.168.1.113 -w 8196
Connecting to host 192.168.1.113, port 5201
[ 4] local 192.168.1.9 port 55111 connected to 192.168.1.113 port 5201
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth
[ 4]  0.00-1.00    sec    1.19 MBytes  9.96 Mbits/sec
[ 4]  1.00-2.00    sec    1.27 MBytes  10.7 Mbits/sec
[ 4]  2.00-3.00    sec    1.25 MBytes  10.5 Mbits/sec
[ 4]  3.00-4.00    sec    1.23 MBytes  10.4 Mbits/sec
[ 4]  4.00-5.00    sec    1.27 MBytes  10.6 Mbits/sec
[ 4]  5.00-6.00    sec    1.05 MBytes  8.78 Mbits/sec
[ 4]  6.00-7.00    sec     376 KBytes  3.08 Mbits/sec
[ 4]  7.00-8.00    sec     312 KBytes  2.55 Mbits/sec
[ 4]  8.00-9.00    sec   1000 KBytes  8.21 Mbits/sec
[ 4]  9.00-10.00   sec    1.28 MBytes  10.8 Mbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth
[ 4]  0.00-10.00   sec   10.2 MBytes  8.55 Mbits/sec      sender
[ 4]  0.00-10.00   sec   10.2 MBytes  8.55 Mbits/sec      receiver

iperf Done.

```

Figura 45. Analisis transferencia de datos y ancho de banda paquetes de 8196 Bytes.

22. Usando el comando `-u` se activa el protocolo UDP en el cual se transmite tráfico UDP y se muestra en la figura 46 un nivel de información más detallado.

```

C:\iperf\iperf-3.1.3-win64>iperf3.exe -c 192.168.1.113 -u
Connecting to host 192.168.1.113, port 5201
[ 4] local 192.168.1.9 port 55379 connected to 192.168.1.113 port 5201
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth      Total Datagrams
[ 4]  0.00-1.00    sec     160 KBytes  1.31 Mbits/sec   20
[ 4]  1.00-2.00    sec     112 KBytes  918 Kbits/sec   14
[ 4]  2.00-3.00    sec     128 KBytes  1.05 Mbits/sec   16
[ 4]  3.00-4.00    sec     128 KBytes  1.05 Mbits/sec   16
[ 4]  4.00-5.00    sec     128 KBytes  1.05 Mbits/sec   16
[ 4]  5.00-6.00    sec     128 KBytes  1.05 Mbits/sec   16
[ 4]  6.00-7.00    sec     136 KBytes  1.12 Mbits/sec   17
[ 4]  7.00-8.00    sec     136 KBytes  1.11 Mbits/sec   17
[ 4]  8.00-9.00    sec     136 KBytes  1.12 Mbits/sec   17
[ 4]  9.00-10.00   sec     144 KBytes  1.18 Mbits/sec   18
-----
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth      Jitter      Lost/Total Datagrams
[ 4]  0.00-10.00   sec    1.30 MBytes  1.09 Mbits/sec  2.798 ms  0/165 (0%)
[ 4] Sent 165 datagrams

iperf Done.

```

Figura 46. Analisis transferencia de datos y ancho de banda en protocolo UDP.

23. La gráfica 47 muestra el porcentaje de paquetes enviados entre Routers a medida que aumenta la distancia.

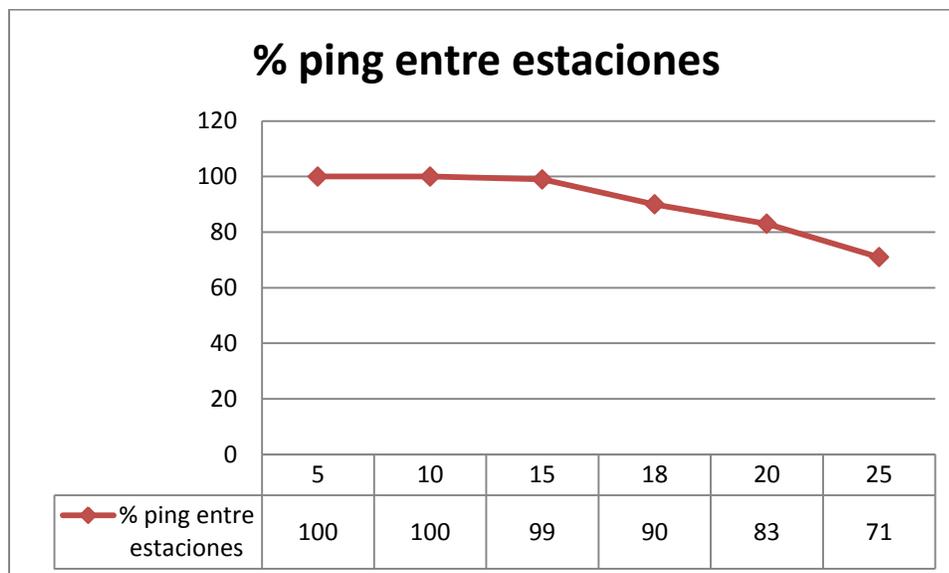


Figura 47. Tasa promedio de paquetes enviados aumentando la distancia.

24. La gráfica 48 muestra la cantidad de datos transferidos / recibidos entre Routers.

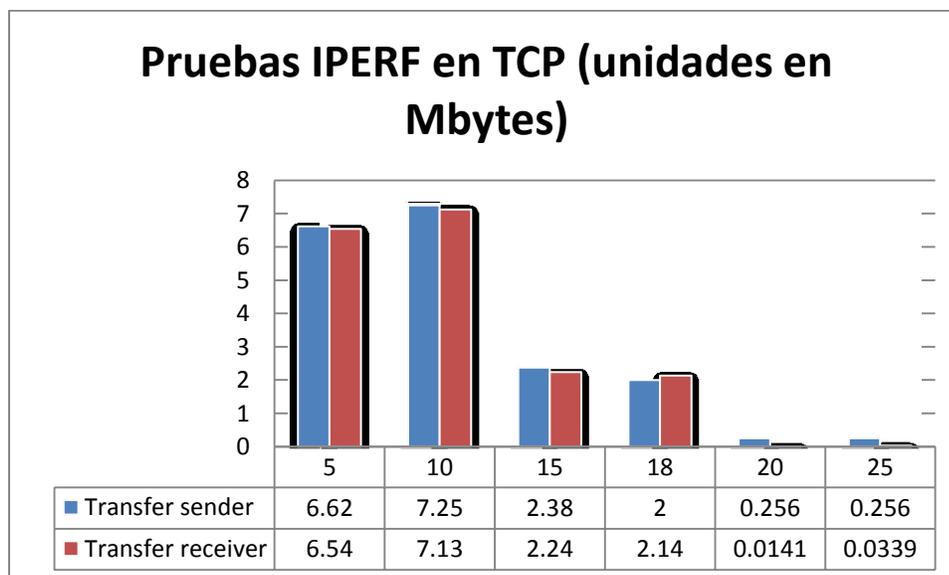


Figura 48. Resultados de la transferencia de datos entre Routers con protocolo TCP.

25. La siguiente gráfica 49 muestra la variación del ancho de banda a medida que aumenta la distancia.

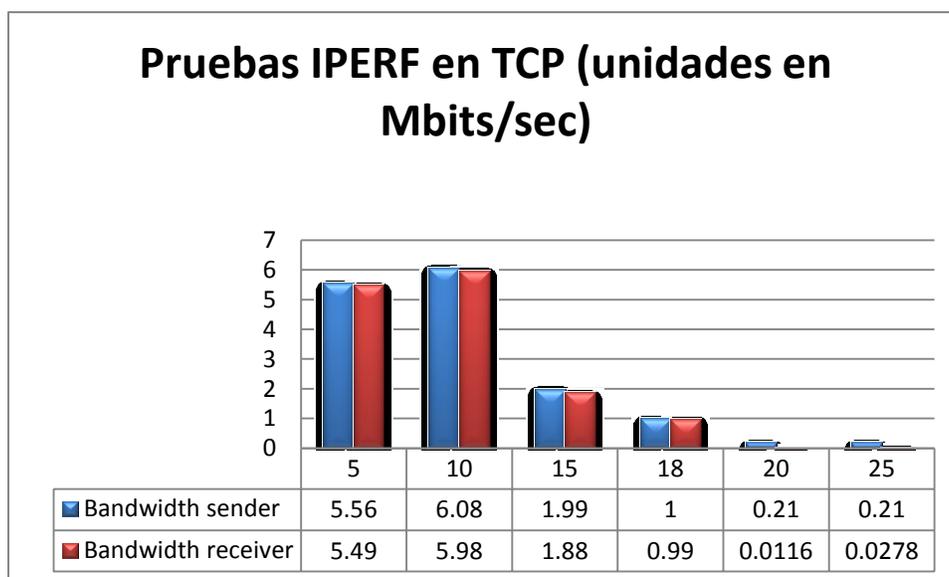


Figura 49. Ancho de banda y sus variaciones.

26. La figura 50 muestra la transferencia de datagramas entre Routers a medida que aumenta la distancia.

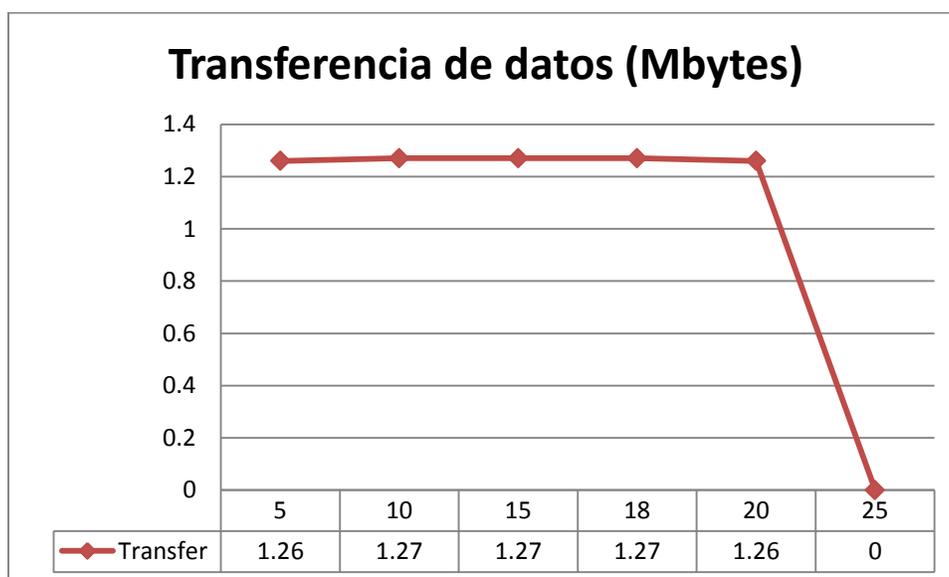


Figura 50. Visualización de transferencia de datos al aumentar distancia.

27. La figura 51 muestra la variación de ancho de banda a medida que aumenta la distancia.

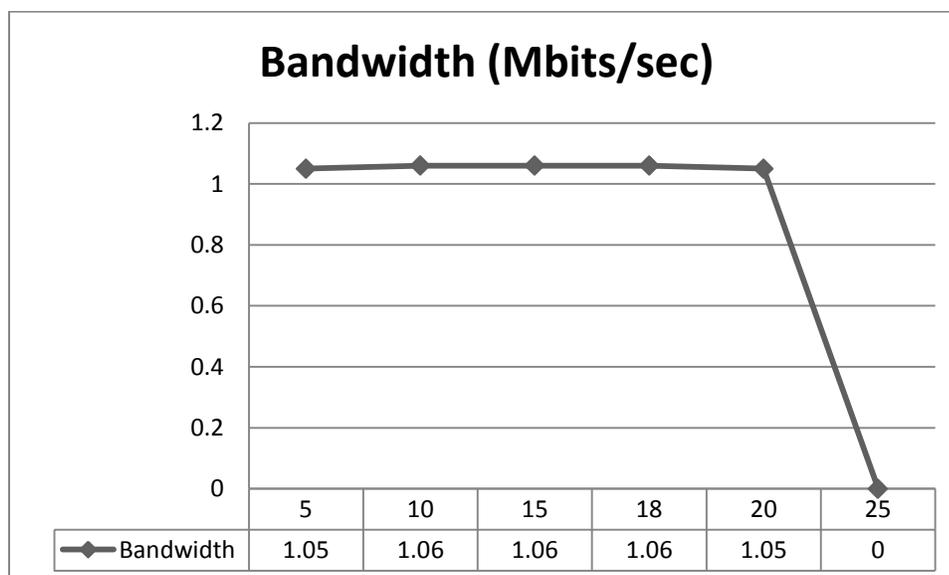


Figura 51. Ancho de banda en modo datagramas.

28. Esta gráfica 52 indica el nivel e Jitter en cada distancia.

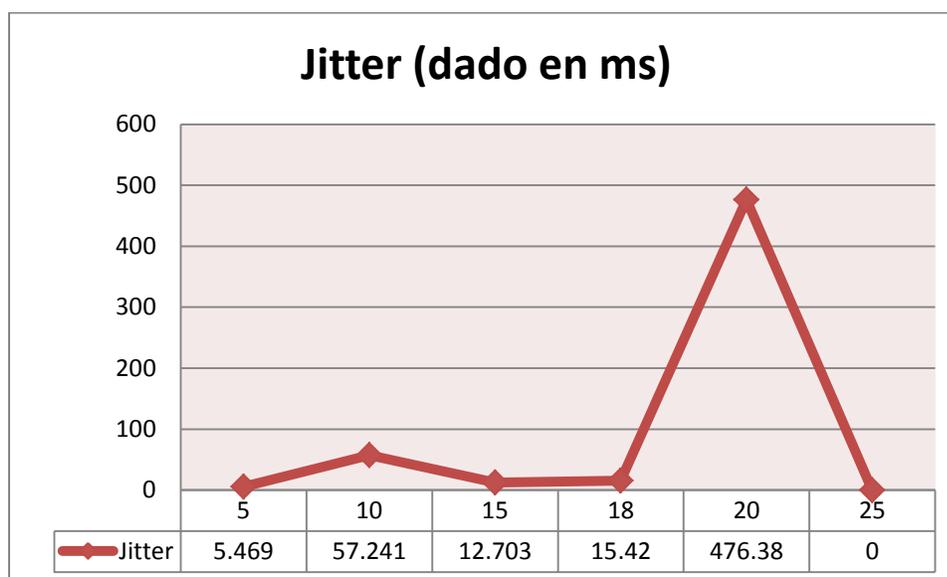


Figura 52. En la distancia 20 metros es altísimo el Jitter y en 25 metros ya no se obtiene comunicación entre Routers

29. La gráfica 53 muestra el porcentaje de efectividad de envío de datagramas.

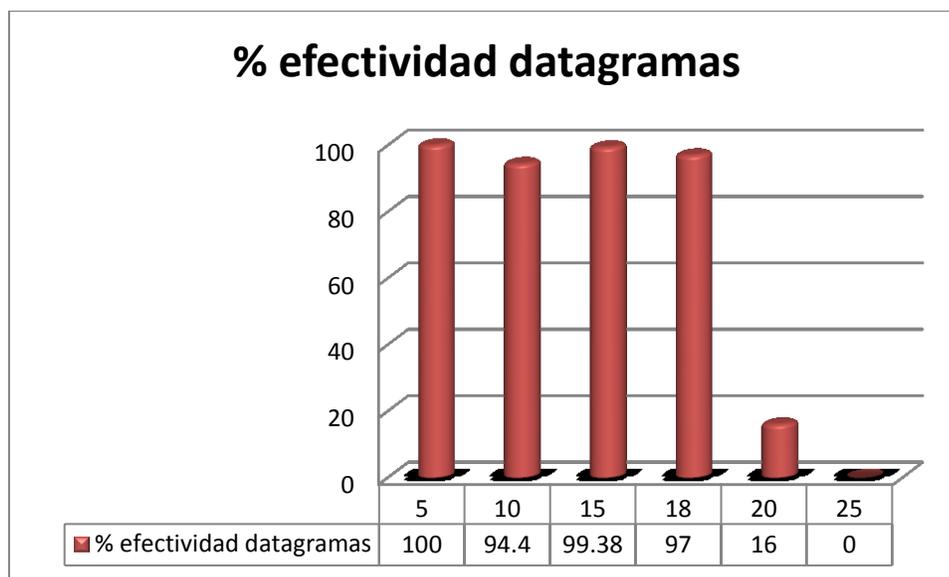


Figura 53. Porcentaje de efectividad de envío de datagramas

CONCLUSIONES

La primera conclusión que se destaca es que mediante el desarrollo del proyecto, se pudieron alcanzar los objetivos planteados, lo que lo hace viable para futuros prototipos.

Se confirmó que se cumple con la autonomía necesaria para que el sistema pueda funcionar continuamente sin interrupciones y manteniendo todas las funciones.

Aproximadamente entre 18 y 20 metros es necesario implementar un nuevo nodo de interconexión para hacer más fiable el sistema acorde a las pruebas realizadas con IPERF.

Pueden suceder factores ambientales como la nubosidad o una llovizna que pueden aumentar la cantidad de Jitter (ruido no deseado) entre los Routers.

Mediante la prueba del software IPERF se logró hacer transmisiones de hasta 7,25 Mbps en interconexiones inalámbricas entre nodos.

La elección del tipo de panel se hizo de acuerdo a la disponibilidad comercial local y a que de acuerdo a las condiciones climáticas colombianas es factible usar cualquier tipo de panel.

Las pruebas realizadas con IPERF demuestran que la tasa de transferencia de datos y el aprovechamiento del ancho de banda depende directamente de la distancia en la que se encuentren los nodos WIFI.

Se logró establecer un modelo de alimentación solar y de interconexión inalámbrica que hace viable y exitoso la implementación de nodos de telemetría con total autonomía y continuidad de funcionamiento; además presentando ventajas adicionales como un sistema de iluminación local, y el soporte de redes inalámbricas de acceso al público.

Gracias a esto podemos observar, analizar e interpretar las estadísticas que arroja el análisis y tomar las medidas necesarias para establecer los parámetros necesitados en el proyecto.

REFERENCIAS

- Santamarta J. 2004. Las energías renovables son el futuro. World Watch
- Gasquet H. 2004. Conversión de la Luz Solar en Energía Eléctrica. Manual Teórico y Práctico sobre los Sistemas Fotovoltaicos. Solartronic, S.A. de C.V
- Asif. 2008. Historia de la energía solar fotovoltaica. Edi-net6-4-0-6
- Simbaqueva I. 2009. Modelo de estudio de la radiación solar, para diseño de sistemas de generación de energía solar fotovoltaica. Universidad de la Salle
- Quijano R. 2003. Energías limpias en zonas no interconectadas. En: USO DE ENERGIAS LIMPIAS EN PROYECTOS DE ENERGIZACION DE ZONAS NO INTERCONECTADAS DE COLOMBIA. Memorias: Bogotá: IPSE, septiembre 4 y 5 de 2003
- Chairman B. 1995. Greenhouse Gas Inventory Workbook, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas inventories. Volúmen 2. OECD
- Gualdrón G. 2011. Diseño de un enlace WI-FI autónomo como una solución de conectividad para zonas rurales. Universidad Tecnológica de Pereira
- García R, Ramos C. 2012. Construcción de dos sistemas solares fotovoltaicos para alimentar sistemas de telecomunicación rurales. Universidad de El salvador
- dal Maso P. 2007. Comienza la construcción en Portugal de la planta solar más grande del mundo. El mundo
- Akyildiz I, Su W, Sankarasubramaniam Y, Cayirci E. 2002. Wireless sensor networks: a survey. Computer Network 38, 293-422
- Nguyen M, L Trung. 2014. Low-Power and Cost-Effective Wifi Sensor Motes for Wireless Embedded Internet Application. The 2014 International Conference on Advanced Technologies for Communications (ATC'14)
- CablesyRedes, Division Redes Inalámbricas, Pcia de Buenos Aires – Argentina
- Hortelano J. Et al. 2007. A Wireless Mesh Network-based System for Hotspots Deployment and Management. Third International Conference on Networking and Services(ICNS'07). IEEE
- DataWiFi (2016) Internet con propósito.
- Wu C, et al. Concinnity: A generic Platform for Big Sensor Data Applications. 2014. IEEE Cloud Computing (Volume:1 , Issue: 2)

Hernandez J. 2011. Implementación de un sistema automatizado de adquisición de datos meteorológicos y solarimétricos. Universidad de Sonora

Varela P. 2000. Evaluación térmica-óptica de pinturas reflectoras de radiación solar utilizadas en la construcción. Sonora, Mexico: Universidad de Sonora. División de Ingeniería

León S. 2015. Análisis del potencial natural de viento, radiación solar y Precipitación pluvial en la universidad tecnológica de Pereira. Universidad Tecnológica de Pereira

Prieto R. 2013. Paneles solares fotovoltaicos monocristalinos o policristalinos. ¿Sabemos cuál comprar? Energías renovables y limpias

Manuales sobre energía renovable: Solar Fotovoltaica/Biomass Users Network (BUN-CA). -1 ed. -San José, C.R. : Biomass Users Network (BUN-CA), 2002. Retrieved from

InformaticaModerna.com (2008-2016)

Aranda A. 2014. Instalacion y parametrización del software IFCT0510. Antequera, Malaga: ICeditorial

Elotrolado. 1999-2017. Hilo Oficial OpenWRT, DD-WRT Firmwares para Routers

Firmware DD-WRT para routers. 2012-2017

Posada P. 2002. Metodología de la investigación. Fundacion Universitaria Maria Cano

Ecosolar. 2015. Qué placas solares fotovoltaicas elegir, policristalinas o monocristalinas

INTI. Energía solar fotovoltaica

TP-Link Technologies Co., Ltd. 2017. Routers Inalámbricos

Green Ice S.L. 2017

Power-Sonic Corporation 2015

UPME 2017. Radiación Solar en Colombia Valor Promedio Multianual

Networking Academy Cisco. Netacad

Gomez C, Valencia G. Redes inalámbricas para la recolección masiva de datos de contaminación ambiental y su aprendizaje automático.