

Type of the Paper (Article)

Los laboratorios de energía solar fotovoltaica en instituciones de educación superior

Santiago Beleño Castro¹, María Paula Escobar Jiménez, Pablo E. Carreño H and Claudia M. Cifuentes V, *

1 Universidad Libre, Bogotá, Colombia, santiago-belenoc@unilibre.edu.co

2 Universidad Libre, Bogotá, Colombia, mariap-escobarj@unilibre.edu.co

3 Universidad Libre, Bogotá, Colombia, pabloe.carrenoh@unilibre.edu.co

4 Universidad Libre, Bogotá, Colombia, claudiam.cifuentesv@unilibre.edu.co

* Correspondence: pabloe.carrenoh@unilibre.edu.co; Colombia

Received: 10/03/2024; Accepted: 1/06/2024; Publisher: 20/06/2024

Resumen: Los problemas ambientales tienden a aumentar cada vez más, se considera que la energía solar fotovoltaica es una fuente de energía eléctrica renovable que en Colombia se ha implementado en los últimos años, en los que ha pasado de ser una fuente de energía residual, a participar en las redes nacionales de generación eléctrica. Con el gran potencial de Colombia, es necesario invertir en procesos de desarrollo e implementación en tecnologías limpias, seguras y confiables que permitan suplir la creciente demanda de energía, a la vez que se reducen los costos y el impacto ambiental asociado en instituciones de educación superior. Teniendo en cuenta que la Universidad Libre está desarrollando su potencial de crecimiento como institución de desarrollo sostenible apoyado en las nuevas tecnologías, se presenta el siguiente artículo que pretende mostrar la utilización como herramienta de trabajo de los laboratorios de energía solar fotovoltaica, de la facultad de ingeniería con la implementación de los paneles solares en la sede Bosque Popular para la realización de prácticas de laboratorio como complemento a los conceptos teóricos ofrecidos a los estudiantes.

Palabras claves: Desarrollo sostenible, energía renovable, energía solar fotovoltaica, instituciones de educación superior, tecnologías limpias.

1. Introducción

Los problemas ambientales tienden a crecer cada vez más, temas como la contaminación del aire, gases de efecto invernadero o cambio climático son algunos temas que han tenido relevancia actualmente en industrias, investigaciones y gobiernos. A pesar de los avances realizados en distintos aspectos en el país, el interés por la situación de esta problemática se presenta en niveles bajos [1], por esta razón es importante implementar alternativas de energías renovables en instituciones de educación superior, para que los estudiantes de la facultad puedan utilizarlo para sus prácticas de laboratorio y así comprender su funcionamiento complementando su conocimiento teórico e incentivando la utilización de estas para combatir el cambio climático.

El creciente desarrollo de energías limpias en los últimos años ha tenido una gran relevancia ya que favorece ampliamente al planeta generando energía eléctrica de manera eficiente. Entre ellas existe la energía solar fotovoltaica el cual contribuye al desarrollo sostenible. Esta es una excelente alternativa para brindar electricidad a zonas aisladas y zonas urbanas instaladas a gran escala por su fácil instalación, bajos costos de mantenimiento, alta confiabilidad y larga vida útil permitiendo reutilizar sus componentes para otro modelado de sistema solar fotovoltaico [2].

Se espera que la capacidad de sistemas solares fotovoltaicos implementados en Colombia aumente un 14% en 2025 y un 21% en 2030. La capacidad renovable en el país aumentará para llegar a 5.9 gigavatios, y para el caso de la energía solar fotovoltaica se estima que alcance 1.7GW en 2030 [3]. En la figura 1 se puede observar la instalación de sistemas de energía renovables instaladas y lo que se calcula para el 2030.

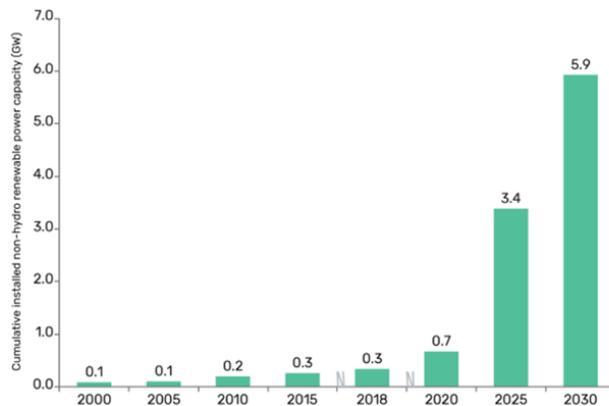


Gráfico 1. Plan de expansión de generación y transmisión de grandes volúmenes de energía renovable del 2000 al 2030 [3].

Ahora bien, el uso de estas alternativas de energías renovables entra a ser parte de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), las cuales son el conjunto de recursos, herramientas, equipos, programas informáticos, aplicaciones, redes y medios que permiten la complicación de procesamientos, almacenamiento, transmisión de información, entre otros (Art. 6 Ley 1341 de 2009) [4], teniendo como propósito la producción de información para luego ser analizada y luego así tomar decisiones para realizar determinada acción [5].

Actualmente, es necesario que los estudiantes de la Universidad Libre cuenten con las tecnologías integradas en el plan de estudios para que puedan enfrentar y resolver los problemas que se les presenten a futuro de una manera óptima y eficiente, así como comprender la importancia de integrar las tecnologías de energía renovable en la vida cotidiana.

Es así, que el aprendizaje del estudiante debe estar enmarcado en la gestión y construcción de su propio conocimiento, para producir variables propias al detalle en el desarrollo del aula, como horarios de estudio flexibles, y disponer del espacio y tiempo necesario para desarrollar las prácticas de laboratorio.

Con el fin de identificar algunos de los laboratorios solares fotovoltaicos existentes desarrollados para diferentes propósitos, se realizó un análisis del estado del arte, encontrando los siguientes:

EPSA puso en operación un moderno laboratorio de energía solar, que cumple con la normatividad internacional, está probando tres tipos de módulos solares y cuenta con un moderno sistema de medición y estaciones hidro climatológicas. El proyecto funciona en la terraza del edificio de la compañía, ubicado en Yumbo, y cuenta con una inversión de \$1.248 millones. Este laboratorio posee 294 módulos fotovoltaicos es decir paneles solares utilizando tres tecnologías distintas produciendo al mes alrededor de 6.227 kWh/mes de energía para abastecer 43 casas [6]. El sistema no acumula energía ya que está conectada a la red eléctrica interna del edificio entregado cerca del 5% de energía que demanda el edificio. Al igual que cuenta con cuatro medidores que se encargan de calcular la potencia para identificar el impacto de los sistemas fotovoltaicos en la red eléctrica interna.

Laboratorio de energía solar fotovoltaica- CIATEQ Jalisco cuenta con herramientas tecnológicas de vanguardia para analizar la viabilidad de implementar un sistema fotovoltaico en una empresa a través de modelado, simulación, y pruebas de paneles con sistemas fotovoltaicos. Determinan las condiciones adecuadas para la producción de la energía eléctrica analizando la orientación, sombreado y rendimiento de los paneles, realizando un análisis a profundidad para conocer el máximo de producción mediante instrumentos de medición y software especializado [7].

SENA inaugura moderno laboratorio de ensayos de paneles solares, tiene un área de 60 metros para realizar ensayos y pruebas de módulos fotovoltaicos de gran tamaño y con distintos tipos de tecnología. Con una inversión de 740 millones de pesos para la compra de maquinaria especializada para su construcción se ha convertido en un espacio completo y moderno para su experimentación [8]. Según director general del SENA, Carlos relató que: "el Laboratorio está pensado para apoyar los procesos de formación de la línea de electricidad del Centro, como programas Técnicos en Mantenimiento e Instalación de Sistemas Solares Fotovoltaicos y en Supervisión de Redes de Distribución de Energía Eléctrica".

Según un estudio acerca de la implementación de la energía fotovoltaica realizado en 2019 por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC):

"Se ha hecho un análisis del comportamiento de parámetros climáticos como la radiación solar, la temperatura ambiente, la velocidad del viento, la humedad relativa y el brillo solar durante los últimos 50 años y se observó una tendencia de estos parámetros que en cierta manera están acordes con la evolución del calentamiento global, pero al mismo tiempo se revelan como favorables para

tomar decisiones positivas en cuanto a la implementación de energía solar fotovoltaica.” [9] como se puede apreciar el mapa de radiación solar en la figura 1.

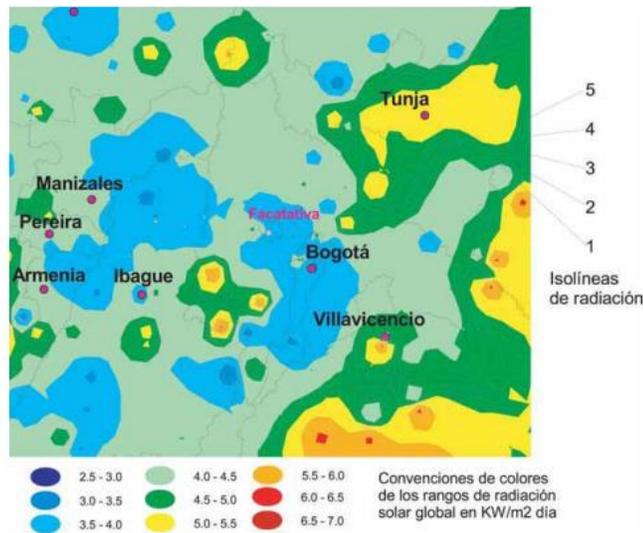


Figura 1. Mapa radiación solar en Colombia con convenciones de colores

Este artículo tiene como objetivo mostrar el uso del laboratorio solar fotovoltaico en instituciones de educación superior, como es en este caso en la Universidad Libre Sede Bosque Popular. El laboratorio hace uso de paneles fotovoltaicos los cuales se caracterizan por su fácil instalación, bajos costos de mantenimiento, larga vida útil, alta confiabilidad y pueden ser utilizados para generación distribuida donde se requiera electricidad [10]. Será de utilidad para analizar como este proyecto de laboratorio solar puede informar a los integrantes de esta sede sobre características propias que arroja el sistema solar fotovoltaico, como; dar información de la humedad, la energía que va a transformar, medir la radiación, temperatura, etc.

Es importante detallar que varias universidades colombianas han perfeccionado sus prácticas experimentales en programas de ingeniería en el ámbito de proyectos de grado, investigaciones, y como es en este caso de la Universidad Libre principalmente en semilleros de investigación, a medida del proceso se han desarrollado distintos proyectos favorables que cumplen un objetivo en específico que solucione una situación o problema que requiera del uso de una herramienta tecnológica. En este aspecto, se trabajó en el desarrollo del diseño y construcción de un laboratorio solar fotovoltaico y Software de control y recolección de datos de los laboratorios solares fotovoltaicos - App – Web.

2. Materiales y Métodos

El programa de ingeniería en sistemas de la Universidad Libre-Sede Bosque Popular sede Bogotá, diseñó y desarrolló el laboratorio solar fotovoltaico, el cual se puede utilizar como herramienta para el aprendizaje de la instalación de soluciones solares fotovoltaicas en carreras como ingeniería de sistemas, mecánica, ambiental e industrial.

Para el desarrollo del laboratorio se realizó a partir de las siguientes etapas:

2.1. Etapa 1

Se realizó el Análisis del recurso solar y del software de control, obteniendo los resultados esperados. Se desarrolló un aplicativo web, capaz de gestionar todo el sistema fotovoltaico, con posibilidades de, producción, consumo, detalles de informes, registros, diarios, semanales, mensuales y anuales [9].

2.2. Etapa 2

Se seleccionó el tipo de instalación y módulo de generación solar proveniente de la conversión de la radiación solar en energía, para obtener esta energía y garantizar que se genere alta eficiencia en el proceso de conversión se propuso que los módulos fotovoltaicos deberán trabajar siempre con un sistema de seguimiento del punto de máxima potencia o por sus siglas en inglés MPPT (“Maximum Power Point Tracking”), ya que este sistema se considera más eficiente a partir de Sistemas conectados a red [11].

2.3. Etapa 3

Se realizó la construcción del software de control y gestión del laboratorio solar fotovoltaico.

2.4. Etapa 4

Se validó la posición de los paneles solares. Se consideró la instalación de sistemas fijos, inclinados y orientados adecuadamente, además de la implementación del dispositivo Growatt, por lo que no se consideraron pérdidas representativas.

3. Resultados

3.1 Etapa 1: Análisis del recurso solar

Es importante disponer de información precisa o aproximada de los datos de irradiación del lugar donde se hizo la instalación. Con esta información se consideraron los datos de irradiación solar (D_i) y temperatura de la ciudad de Bogotá (T_b), estos datos son importantes ya que con ellos se pudo estimar la generación de energía del sistema fotovoltaico propuesto, y dependiendo de la operación los datos de irradiación solar y temperatura fueron obtenidos del atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia proporcionado por el instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales de Colombia (IDEAM) [12], de este atlas se pudo obtener la irradiación solar horizontal promedio mensual histórica de la ciudad de Bogotá que se puede ver a continuación en la Figura 2.

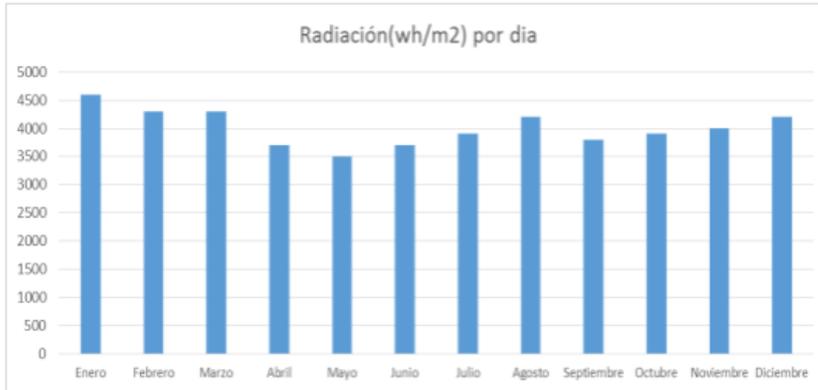


Figura 2. Promedio mensual de radiación global en Bogotá.

Debido a la naturaleza horaria de los modelos de estimación solar, fue importante también obtener del IDEAM los datos correspondientes a los promedios horarios de irradiación solar, en la tabla 1 se puede observar que los mayores niveles de irradiación a lo largo del año se obtienen entre las 9 y 16 horas. Los datos suministrados por el IDEAM permitieron tener una idea de los niveles de irradiación presentes para cada hora del año, teniendo en cuenta la variabilidad que hay entre los meses.

ESTACION UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA (BOGOTÁ)												
PROMEDIO HORARIO DE LA RADIACIÓN (Wh/m ²)												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,3	0,3
1-2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,4	0,5	0,4	0,2	0,4	0,4
2-3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,4	0,2	0,3	0,3
3-4	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,2	0,3	0,3
4-5	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,2	0,4	0,3
5-6	0,2	0,1	0,3	1,3	2,5	1,8	1,2	1,2	2,0	3,0	2,7	0,7
6-7	31,8	28,1	39,5	52,9	66,3	82,0	95,2	90,6	60,2	71,0	61,4	50,2
7-8	184,9	162,3	149,3	177,2	188,3	188,0	191,0	172,9	180,6	205,6	198,3	208,9
8-9	351,3	342,2	264,3	309,3	294,4	291,3	313,7	290,8	284,5	346,4	356,3	378,8
9-10	507,6	455,8	366,7	388,1	391,4	389,5	399,7	387,8	399,5	457,6	458,6	504,3
10-11	589,9	543,7	469,8	425,6	431,5	447,8	478,8	467,0	460,2	501,8	519,1	545,5
11-12	607,4	544,1	483,3	433,2	455,7	497,2	520,6	491,4	489,4	458,0	488,2	533,5
12-13	560,1	503,8	433,2	412,9	464,7	490,0	544,6	494,3	481,1	442,4	414,1	491,1
13-14	475,7	465,6	389,8	365,9	404,2	476,3	499,4	457,5	432,5	393,3	355,3	423,4
14-15	375,9	357,0	313,5	307,7	334,2	391,8	404,2	392,0	398,2	315,9	274,7	348,9
15-16	304,4	275,2	231,1	225,1	245,4	275,5	292,9	305,2	298,4	209,9	188,3	254,7
16-17	171,2	145,7	145,0	135,4	143,1	158,6	177,2	168,1	168,4	111,0	80,2	124,9
17-18	46,4	48,7	47,7	35,6	35,7	46,3	58,4	46,9	34,5	16,7	13,0	26,0
18-19	0,5	0,9	0,7	0,2	0,3	0,5	1,1	0,9	0,4	0,3	0,4	0,4
19-20	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2
20-21	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,3
21-22	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2
22-23	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3
23-0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,3	0,5	0,2	0,3	0,2
Acumulada diaria	4207,3	3873,1	3334,2	3270,4	3457,9	3716,7	3937,1	3728,5	3690,0	3533,0	3420,7	3891,2



Tabla 1. Promedio mensual de radiación global en Bogotá [12]

3.2 Etapa 2: Diseño y desarrollo de componentes del laboratorio solar fotovoltaico

Lo que se pretende lograr respecto al laboratorio solar fotovoltaico es el diseño e implementación de software de control y recolección de datos para determinar experimentalmente la medición de temperatura, humedad, luminiscencia, voltaje y amperaje gracias a la utilización física de los paneles solares fotovoltaicos implementados. La implementación de este tipo de proyecto contó con un moderno sistema de generación de energía solar fotovoltaica de 10 kWp ayudando a la disminución de la huella de carbono por utilizar una energía renovable y limpia, al igual que desarrollar investigación aplicada para producir energías limpias [6]. El laboratorio solar fotovoltaico está

orientado a la recolección de información solar para su posterior envío a la aplicación de solución solar, para poder manipular y posteriormente realizar mantenimiento se mostrará una guía de su montaje y funcionamiento [13]:

1. **Montaje del laboratorio:** Funciona de manera automática, teniendo en cuenta que se debe situar en un lugar con alta accesibilidad a luz solar. Este se mueve posicionándose en el área de mayor cobertura solar orientándolo de la mejor manera.
2. **Alimentación del laboratorio:** Al obtener su energía del sol, este laboratorio es sustentable, permitiendo funcionar por largos periodos de tiempo sin otra fuente de alimentación que el propio sol.
3. **Utilización:** Al tener ya posicionado el laboratorio de una forma óptima y detectar que este ya está tomando la posición del sol de forma correcta, lo cual se logra al observar como este se empieza a mover hasta encontrar la posición correcta y se queda estático con una inclinación de cara al sol, este empezara a tomar una serie de datos los cuales serán enviados para su análisis y utilización.

3.2.1 Componentes del seguidor solar

1. Fotorresistencias (Siempre apuntando al sol)
2. Servomotor
3. Placa Arduino
4. Conector a la batería

En la figura 3 se puede evidenciar los componentes del seguidor solar el cual comprende los siguientes componentes para su funcionamiento

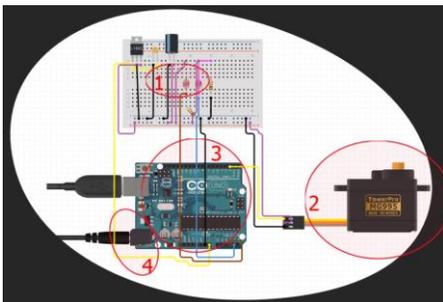


Figura 3. Componentes del seguidor solar [13].

3.2.2 Componentes de sensores de recolección de datos

1. Módulo Bluetooth
2. Sensor temperatura y humedad
3. Sensor de voltaje, amperaje y luminiscencia
4. Módulo Wifi
5. Interruptor

En la figura 4 se puede evidenciar los componentes del sensor de recolección de datos el cual comprende los siguientes componentes para su funcionamiento

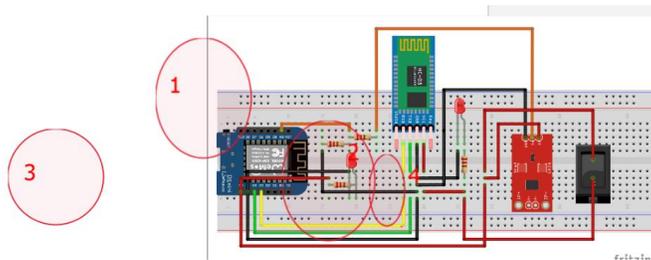


Figura 4. Componentes de sensores de recolección de datos [13]

3.2.3 Componentes del sistema fotovoltaico.

Regulador de carga: El regulador es un convertidor de potencia que gestiona la energía producida por los módulos FV. Se utiliza para lograr un correcto funcionamiento de la instalación. Es necesario instalar un sistema de regulación de carga en la unión entre los paneles solares y las baterías. Este elemento recibe el nombre de regulador [14].

Modulo fotovoltaico: El módulo FV consiste en la conexión eléctrica de células FV en serie-paralelo hasta obtener unos valores de voltaje y corriente deseados. El conjunto así definido es encapsulado de forma que quede protegido de los agentes atmosféricos que le puedan afectar cuando esté trabajando en la intemperie, dándole a la vez rigidez mecánica y aislándole eléctricamente del exterior [15].

Batería (acumulador): Es un elemento secundario capaz de descargarse y volverse a recuperar mediante un cargador externo conectado a la red de corriente alterna. Existen varios tipos de acumuladores [16].

Inversor: deben convertir el voltaje de DC del circuito intermedio a un Suministro de voltaje de CA para el motor. Los inversores Pueden tener funciones adicionales: Cuando el inversor recibe una corriente variable o voltaje los inversores solo deben contribuir con la frecuencia tan sólo. Sin embargo, cuando el voltaje es constante el inversor tiene que controlar las dos la frecuencia y la amplitud del voltaje.

3.3 Etapa 3: Desarrollo del software de control y recolección de datos para laboratorios solares

El software de control y configuración de gestión solar ULIBRE, es una interfaz que se encarga de disponer una serie de configuraciones para el dispositivo electrónico con el que trabaja en conjunto, con el fin de brindar acompañamiento durante el proceso de instalación y soporte en una solución solar, así como recopilar datos del estado actual tanto del dispositivo como de la cantidad de energía suministrada por la instalación de la solución [17]. El control del laboratorio se realiza a través de una aplicación, disponible para ser conectada mediante wifi y Bluetooth.

Actualmente, los usuarios pueden experimentar en determinación de temperatura, humedad, luminiscencia, voltaje y amperaje, y su arquitectura sigue el modelo cliente/servidor. El servidor web

se apoya en los servicios que brinda la Universidad Libre, el cual está conectado por un lado a la red para que pueda atender a los estudiantes y por el otro a los laboratorios.

La interfaz de este software de control y recolección de datos figura 5 para laboratorios solares sirve para crear una comunicación más ágil y segura para detallarse sobre la información o realizar un mantenimiento en el software de la solución solar. Para integrar la interfaz es necesaria una aplicación que genere una conexión tanto con el cliente, como con el personal de soporte, y se logre tener un control de los datos facilitando la interpretación de estos [17].

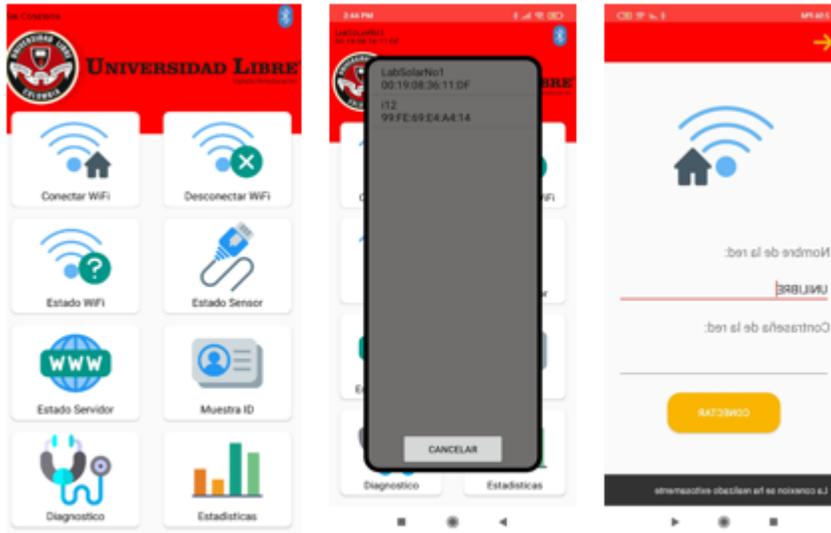


Figura 5. Interfaz de usuario software de control

La aplicación estará disponible para los integrantes de la universidad libre y para clientes que requieran de su utilización para ver las estadísticas de los datos generados por el dispositivo electrónico [17].

3.3.1 Arquitectura del sistema

Debido a que el software es pequeño, es parte de la estructura brindada por Android Studio, se trabajan los archivos java dentro de un mismo Package, y sus respectivos layouts en la correspondiente carpeta "res", sin agruparse en subcarpetas, las animaciones así mismo se encuentran la carpeta anim, y las plantillas XML junto a las imágenes en la carpeta drawable [17].

Dentro del Package de java, se encuentran los diferentes componentes y una carpeta llamada "Clases" en donde se escriben algunos componentes generales [17] en la figura 6 se puede observar el diagrama de módulos, en la figura 7 la estructura de la base de datos y en la figura 8 el diagrama de caso de uso.

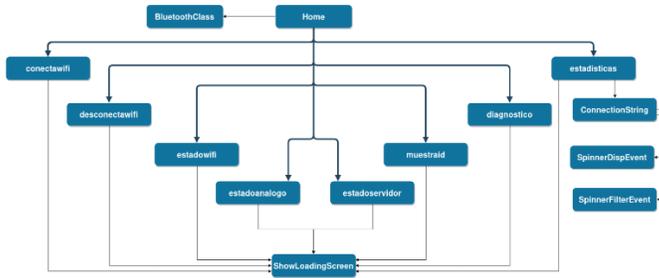


Figura 6. Diagrama de módulos [17].

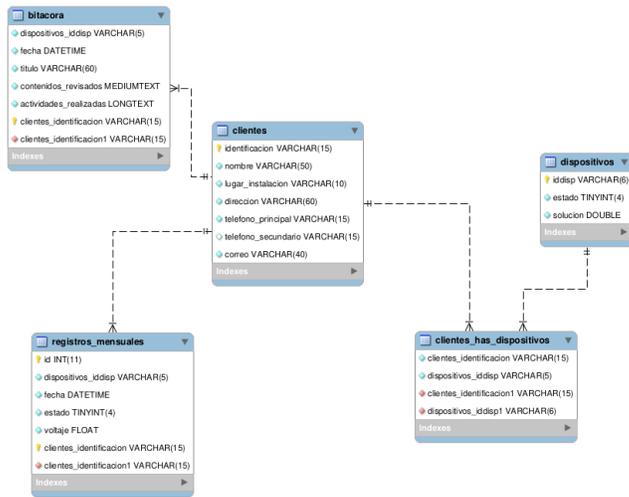


Figura 7. Estructura de base de datos [17].

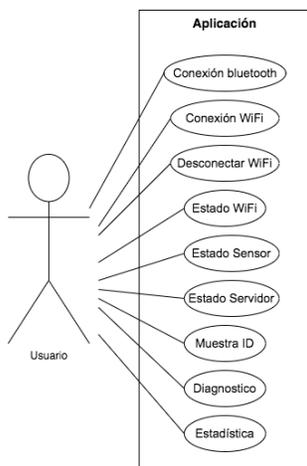


Figura 8. Caso de uso con base a los requerimientos [17]

Ahora bien, los integrantes de la universidad, como los estudiantes de pregrado, de posgrado y de maestrías dentro de su plan de estudios pueden utilizar el sistema fotovoltaico experimentando en determinación de temperatura, humedad, luminiscencia, voltaje y amperaje, y su arquitectura siguiendo el modelo cliente/servidor. El servidor web se apoya en los servicios que brinda la Universidad Libre, el cual está conectado por un lado a la red para que pueda atender a los estudiantes y por el otro a los laboratorios.

3.4 Etapa 4: Instalación

En la figura 9 se puede contemplar la implementación del dispositivo Growatt que es el encargado de conectar a la red eléctrica para inyectar la energía que producen los paneles.



Figura 9. Dispositivo Growatt instalado.

Datos de la toma de sombras en el área de la implementación de los paneles solares fotovoltaicos como se puede ver en las figuras 10 y figura 11.

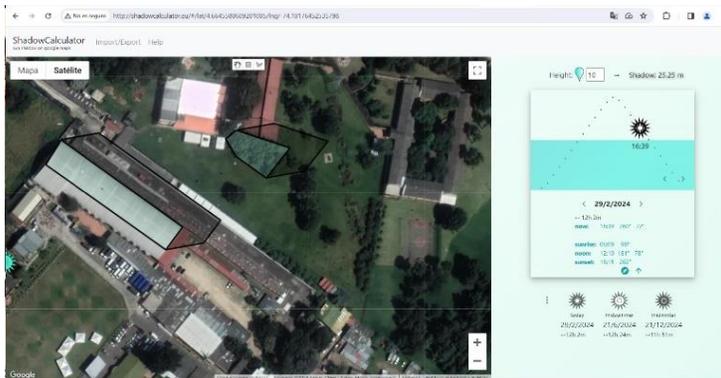


Figura 10. Toma de sombras según la hora.

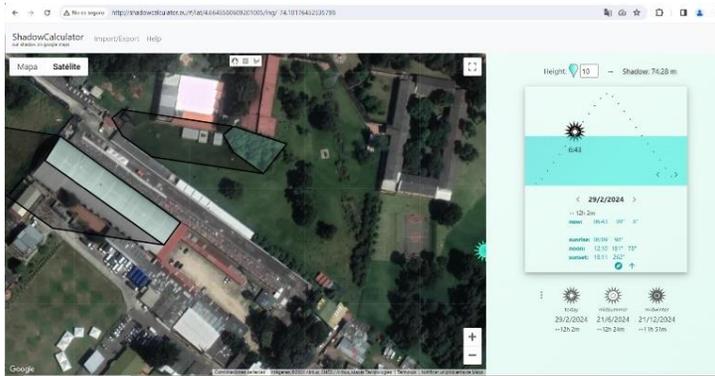


Figura 11. Toma de sombras según la hora.

Implementación de los paneles solares fotovoltaicos en el techo de los laboratorios de la Universidad Libre sede Bosque como se puede observar en la figura 12.



Figura 12. Instalación de los paneles solares.

4. Conclusiones

1. Con la realización del diseño del Subsistema de Generación, de almacenamiento y de control del laboratorio fotovoltaico en su parte física completa se obtuvieron buenos resultados frente a niveles de generación de la potencia requerida para hacer la respectiva inyección de esa energía a la red pública.
2. Se desarrolló y probó con éxito el software de control en operación del laboratorio y sistema de energía renovable validando todas las variables de funcionamiento de los datos evaluados correspondientes a la calidad del módulo solar instalado.
3. Se validaron a través del software los subsistemas de Generación, de almacenamiento y de control de la instalación fotovoltaica, obteniendo los resultados esperados y propuestos en la evaluación del uso de los laboratorios alimentados con energía solar fotovoltaica.
4. Se implementó con éxito los paneles solares fotovoltaicos en el techo de los salones de laboratorios en la Universidad Libre Sede Bosque.

5. Referencias

- [1] «CEUPE,» 2022. [En línea]. Available: https://www.google.com/search?q=traductor&rlz=1C1GCEB_enCO1014CO1014&oq=TRA&aqs=chrome.1.69i57j69i59j69i60j69i61.1565j0j1&sourceid=chrome&ie=UTF-8. [Último acceso: 21 Octubre 2022].
- [2] «grudilec, PILAS, ACUMULADORES Y BATERIAS,» [En línea]. Available: <https://grudilec.com/wp-content/uploads/8.automatismoelectronico217-266.pdf>.
- [3] «ideam,» ATLAS CLIMATOLÓGICO DE COLOMBIA, 2024. [En línea]. Available: <http://www.ideam.gov.co/AtlasWeb/index.html>.
- [4] «santafe.gob.ar, REGULADORES, INVERSORES Y BATERÍAS,» [En línea]. Available: <https://www.santafe.gob.ar/ms/academia/wp-content/uploads/sites/27/2019/12/M%C3%B3dulo-4-Inversores-reguladores-bater%C3%ADas.pdf>.
- [5] B. Santiago y H. Tania, «<https://unilibrebog-my.sharepoint.com/>, Requerimientos CRD-LS,» 2022. [En línea]. Available: https://unilibrebog-my.sharepoint.com/:w:/r/personal/pabloe_carrenoh_unilibre_edu_co/_layouts/15/Doc.aspx?sourcedoc=%7B4B0423A1-AE03-4413-A81C-8E50619FFCD9%7D&file=Requerimientos%20CRD-LS.docx&action=default&mobileredirect=true.
- [6] C. Oficial, «Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica - CIATEQ Jalisco,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=GxQU8AFbotc>.
- [7] D. A. T. BECERRA, «ANÁLISIS DE IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN,» 2019. [En línea]. Available: https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/3807/1/An%C3%A1lisis_implementation_en_energia_solar.pdf. [Último acceso: 23 10 2022].
- [8] E. Fajardo y R. Puentes, «Diseño e implementación de un laboratorio de sistemas solares fotovoltaicos en la Universidad Antonio Nariño sede Riohacha,» 2021. [En línea]. Available: http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/6001/1/2021_ElmerEnriqueFajardoPasso.pdf.
- [9] Escuela universitaria de ingeniería técnica industrial de Eibar, «Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica,» [En línea]. Available: http://www.sc.ehu.es/sbweb/energias-renovables/laboratorios/laboratorio_2.html.
- [10] G. C. C. Xavier y F. D. Mosquera Vélez, «UNIVERSIDAD POLITÉCNICA

- SALESIANA,» 2020. [En línea]. Available:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18646/4/UPS-GT002920.pdf>. [Último acceso: 23 10 2022].
- [11] G. d. Colombia, «GOV.COM,» 2021. [En línea]. Available:
[https://mintic.gov.co/portal/inicio/Glosario/T/5755:Tecnologias-de-la-Informacion-y-las-Comunicaciones-TIC#:~:text=Las%20Tecnolog%C3%ADas%20de%20la%20Informaci%C3%B3n,%2C%20video%20e%20im%C3%A1genes%20\(Art..](https://mintic.gov.co/portal/inicio/Glosario/T/5755:Tecnologias-de-la-Informacion-y-las-Comunicaciones-TIC#:~:text=Las%20Tecnolog%C3%ADas%20de%20la%20Informaci%C3%B3n,%2C%20video%20e%20im%C3%A1genes%20(Art..) [Último acceso: 21 Octubre 2022].
- [12] J. A. Roca, «elperiodicodelaenergia,» 7 Septiembre 2019. [En línea]. Available:
<https://elperiodicodelaenergia.com/la-capacidad-renovable-de-colombia-alcanzara-los-59-gw-en-2030/>.
- [13] J. Fernandez, «CARACTERIZACIÓN DE MÓDULOS,» [En línea]. Available:
<https://core.ac.uk/download/pdf/29400299.pdf>.
- [14] J. P. Castaño Serna, A. Rubio Clemente y E. Chica Arrieta, «Evaluacion de superficies reflectantes para paneles ´,» Revista Ingeniería, vol. 27, 2022.
- [15] J. Sánchez Buitrago, P. Pedraza Álvarez y . J. Viloría Escobar, «Incidencia de las escuelas colombianas en el nivel de conciencia ambiental de los estudiantes,» Revista de Ciencias Sociales, vol. XXX, nº 1, p. 14, 2024.
- [16] La Republica, «Epsa lidera operación de laboratorio de energía solar,» Colprensa, 15 03 2014. [En línea]. Available: <https://www.larepublica.co/empresas/epsa-lidera-operacion-de-laboratorio-de-energia-solar-2104480>.
- [17] P. Valentina y R. Harold, «<https://unilibrebog-my.sharepoint.com/>, Manual de usuario LSFV,» 2022. [En línea]. Available: https://unilibrebog-my.sharepoint.com/:w:/r/personal/pabloe_carrenoh_unilibre_edu_co/_layouts/15/Doc.aspx?sourcedoc=%7B7864C650-7F5B-4652-B6AD-82F1AF4A3DEA%7D&file=Manual%20de%20usuario%20LSFV.docx&action=default&mobileRedirect=true.
- [18] R. Gómez, «GOV.COM, SENA,» 11 Mayo 2021. [En línea]. Available:
<https://www.sena.edu.co/es-co/Noticias/Paginas/noticia.aspx?IdNoticia=4827>.



© 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).