

**DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE MÁXIMA  
POTENCIA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS  
MEDIANTE EL USO DEL ALGORITMO DE  
CONDUCTANCIA INCREMENTAL**





**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**  
**CARRERA DE ELECTRICIDAD**

**DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE MÁXIMA  
POTENCIA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS  
MEDIANTE EL USO DEL ALGORITMO DE  
CONDUCTANCIA INCREMENTAL**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR: OSMAR PATRICIO AGUIRRE BENALCAZAR  
TUTOR: IVÁN PATRICIO MONTALVO GALÁRRAGA

Quito -Ecuador  
2023

Osmar Patricio Aguirre Benalcazar

**DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE MÁXIMA POTENCIA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS MEDIANTE EL USO DEL ALGORITMO DE CONDUCTANCIA INCREMENTAL**

Universidad Politécnica Salesiana, Quito – Ecuador 2023

Carrera de Electricidad

Breve reseña histórica e información de contacto.



**Osmar Patricio Aguirre Benalcázar** (Y'1999 – M'05). Realizó sus estudios de nivel secundario en el Colegio Técnico Salesiano “Don Bosco” de la ciudad de Quito. Egresado de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana. Su trabajo se basa en técnicas de optimización y modelado matemático para la inserción de generación distribuida en sistemas eléctricos de distribución. [oaguirreb@est.ups.edu.ec](mailto:oaguirreb@est.ups.edu.ec)

*Dirigido por:*



**Iván Patricio Montalvo Galárraga** (Y'1987 – M'04). Se graduó de Ingeniería eléctrica y electrónica en la Universidad San Francisco de Quito y de Máster en Power Distribution en Newcastle University en 2016. Actualmente se encuentra trabajando como docente e investigador en la Universidad Politécnica Salesiana. Área de interés: sistemas de puesta a tierra, generación distribuida, localización y optimización de fallas, Smart grids. [imontalvo@est.ups.edu.ec](mailto:imontalvo@est.ups.edu.ec)

Todos los derechos reservados:

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con la autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos o investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

**DERECHOS RESERVADOS**

©2023 Universidad Politécnica Salesiana

QUITO - ECUADOR

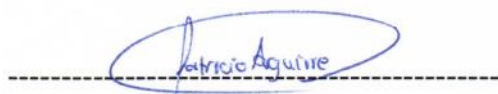
## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Osmar Patricio Aguirre Benalcázar con documento de identificación N° 1718080532 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 13 de abril del año 2023

Atentamente,



Osmar Patricio Aguirre Benalcázar  
1718080532

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

Yo, Osmar Patricio Aguirre Benalcázar con documento de identificación No. 1718080532, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Artículo Académico: “Determinación del punto de máxima potencia de sistemas fotovoltaicos mediante el uso del algoritmo de conductancia incremental”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Quito, 13 de abril del año 2023

Atentamente,



Osmar Patricio Aguirre Benalcázar

1718080532

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Iván Patricio Montalvo Galárraga con documento de identificación N° 1716480916, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE MÁXIMA POTENCIA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS MEDIANTE EL USO DEL ALGORITMO DE CONDUCTANCIA INCREMENTAL, realizado por Osmar Patricio Aguirre Benalcázar con documento de identificación N° 1718080532, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 13 de abril del año 2023

Atentamente,



---

Ing. Iván Patricio Montalvo Galárraga, MSc  
1716480916

## ÍNDICE GENERAL

1	Introducción .....	2
2	Marco teórico.....	3
2.1	Sistemas Fotovoltaicos .....	3
2.1.1	Autonomía de Sistemas Fotovoltaicos.....	4
2.2	Seguimiento del Punto de Máxima Potencia.....	4
2.2.1	Método de Tensión Fija .....	5
2.2.2	Método de Tensión Fraccionaria en Circuito Abierto.....	5
2.2.3	Método de Perturbación y Observación.....	5
2.2.4	Método de Conductancia Incremental .....	6
2.3	Conductancia Incremental.....	6
2.4	Convertidor DC-DC Boost .....	7
2.5	Baterías .....	8
2.5.1	Eficiencia de las Baterías .....	8
3	Modelamiento Matemático .....	9
3.1	Módulo Fotovoltaico .....	9
3.2	Convertor tipo Boost.....	10
3.3	Bloque de Control del Punto de Máxima Potencia (MPPT).....	10
3.4	Inversor de DC – AC .....	10
3.5	Carga .....	11
3.6	Convertor DC/DC Bi-Direccional .....	11
4	Casos de Estudio.....	11
4.1	Análisis de Resultados.....	12
4.1.1	Usuario Residencial Tipo A.....	12
4.1.2	Usuario Residencial Tipo B.....	14
4.1.3	Usuario Residencial Tipo C .....	15
5	Conclusiones.....	16
6	Referencias.....	17
6.1	Matriz de Estado del Arte .....	21
6.2	Resumen de Indicadores.....	26



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema Fotovoltaico (PVS).....	3
Figura 2. a)Curva característica de I-V de un panel solar. b) Curva característica de P-V de un panel solar. ....	4
Figura 3. Diagrama de Flujo del Algoritmo de Tensión Fija. ....	5
Figura 4. Diagrama de Flujo del Algoritmo de Conductancia Incremental. ....	7
Figura 5. Diagrama básico de conversor DC-DC tipo Boost. ....	7
Figura 6. Curva Característica V-I. ....	9
Figura 7. Curva Característica P-V. ....	10
Figura 8. Conversor elevador Boost.....	10
Figura 9. Bloque de Control MPPT. ....	10
Figura 10. Puente Universal de SimuLink. ....	11
Figura 11. Carga RLC en Serie de SimuLink. ....	11
Figura 12. Conversor DC/DC tipo Buck-Boost. ....	11
Figura 13. Irradiancia Diaria Mensual de la Ciudad de Quito. ....	11
Figura 14. Potencia de los sistemas con 16 paneles solares sin MPPT.....	26
Figura 15. Potencia del sistema sin MPPT.....	26
Figura 16. Potencia del sistema con MPPT.....	26
Figura 17. Grafica Comparativa de Eficiencias Caso 1. ....	26
Figura 18. Potencia del sistema con 12 paneles solares sin MPPT.....	26
Figura 19. Potencia del sistema sin MPPT Caso 2.....	26
Figura 20. Potencia del sistema con MPPT Caso 2.....	26
Figura 21. Grafica Comparativa de Eficiencias Caso 2. ....	26
Figura 22. Potencia del sistema con 8 paneles solares sin MPPT.....	26
Figura 23. Potencia del sistema sin MPPT Caso 3.....	16
Figura 24. Potencia del sistema con MPPT Caso 3.....	16
Figura 25. Grafica Comparativa de Eficiencias Caso 3. ....	17
Figura 26. Resumen e indicador de la temática - Estado del arte. ....	26
Figura 27. Indicador de formulación del problema - Estado del arte.....	26
Figura 28. Indicador de solución - Estado del arte.....	27

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Posibles estados del algoritmo P&O.....	5
Tabla 2: Características del módulo solar para SimuLink. ....	9
Tabla 3: Descripción de los casos a estudiar.....	12
Tabla 4: Tabla de Resultados del Sistema sin MPPT Caso 1.....	13
Tabla 5: Tabla de Resultados del Sistema con MPPT Caso 1. ....	13
Tabla 6: Tabla de Resultados del Sistema sin MPPT Caso 2.....	14
Tabla 7: Tabla de Resultados del Sistema con MPPT Caso 2. ....	15
Tabla 8: Tabla de Resultados del Sistema sin MPPT Caso 3.....	16
Tabla 9: Tabla de Resultados del Sistema con MPPT Caso 3. ....	16
Tabla 10: Matriz de estado del arte. ....	22

# DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE MÁXIMA POTENCIA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS MEDIANTE EL USO DEL ALGORITMO DE CONDUCTANCIA INCREMENTAL

## Resumen

El presente documento está enfocado en la determinación del punto de máxima potencia de sistemas fotovoltaicos mediante el uso del algoritmo de Conductancia Incremental, el mismo que aborda todos los temas relacionados con la implementación de un sistema fotovoltaico. En este contexto, para el dimensionamiento y estudio se modela los paneles Fotovoltaicos (PV) con datos de placa de equipos comerciales y su funcionamiento tomará en consideración la irradiación diaria de Quito. Los paneles PV alimentaran a tres tipos de usuarios residenciales, tipo A, B y C establecidos por la Normativa para Sistemas de Distribución de la Empresa Eléctrica Quito. El análisis del sistema PV se plantea una comparativa de dos escenarios, el primer escenario es un sistema PV sin la implementación de un Seguidor de Punto de Máxima Potencia (MPPT), el segundo escenario es el mismo sistema PV incluyendo un MPPT, en ambos escenarios se analiza el desempeño del sistema PV con y sin la inclusión de almacenadores de energía. Los resultados reflejan que la combinación más eficiente en un sistema PV es la unión de un MPPT y de baterías, aprovechando así al máximo la potencia generada.

**Palabras Clave:** Algoritmo IC, Seguidor de Potencia, Irradiancia de Quito, Conductancia Incremental.

## Abstract

This document is focused on the determination of the maximum power point of photovoltaic systems by using the Incremental Conductance algorithm, which addresses all the issues related to the implementation of a photovoltaic system. In this context, for the sizing and study, the photovoltaic panels (PV's) are modeled with data from commercial equipment and their operation will take into consideration the daily irradiation of Quito. The PV panels will feed three types of residential users, type A, B and C established by the Distribution Systems Regulations of Empresa Eléctrica Quito. The analysis of the PV system is a comparison of two scenarios, the first scenario is a PV system without the implementation of a Maximum Power Point Tracker (MPPT), the second scenario is the same PV system including an MPPT, in both scenarios the performance of the PV system is analyzed with and without the inclusion of energy storages. The results show that the most efficient combination in a PV system is the combination of a MPPT and batteries, thus maximizing the power generated.

**Keywords:** IC Algorithm, Power Tracker, Quito Irradiance, Incremental Conductance.

# 1 Introducción

La tierra recibe en su atmosfera un promedio de  $1366.1 \text{ w/m}^2$  de energía solar como lo menciona en [1], pero solo un aproximado del 65% a 70% de esa energía que incide sobre la tierra llega a la superficie terrestre, esto se debe a diversos factores como distancia, clima y ángulo de incidencia, etc. Es importante recalcar que, la energía solar entrante al planeta tierra está en constante cambio durante todo el año [2], teniendo el pico más alto de incidencia en el mes de junio y el mínimo en el mes de diciembre [1]. A pesar de la mínima cantidad de energía que llega al planeta a comparación de lo que produce el sol, es más que suficiente para que la humanidad continúe con su existencia y siga progresando, saciando todas las necesidades energéticas [2].

La energía solar se puede utilizar de dos formas que son de manera indirecta y de manera directa. Primero, la forma indirecta no incluye participación de ningún tipo de tecnología para usar la energía solar. En este contexto, el óptimo diseño de espacios en edificaciones evita la dependencia de iluminación artificial usando la luz natural como fuente de iluminación para el día. Segundo, la forma directa incorpora el uso de tecnología para realizar procesos específicos, como producción de electricidad o el calentamiento de agua para uso higiénico [3].

La incorporación de equipos tecnológicos para utilizar la energía solar, en consecuencia, ha dado inicio al uso de paneles fotovoltaicos que ayuda a la transformación de la irradiancia proveniente del sol en energía eléctrica, por otro lado, se han desarrollado módulos solares térmicos para intercambio de calor en este proceso participan dos fluidos, el primero almacena el calor produciendo en las placas y el segundo se le transfiere el calor cuando la persona requiera usar agua [4], [5], [6].

Los sistemas fotovoltaicos presentan muchas ventajas, una de ellas es que al ser un sistema que no posee piezas o componentes que estén en constante movimiento su vida útil se incrementa aproximadamente unos 40 años para módulos y para equipos de control oscila alrededor de unos 30 años [1], [7]. En este contexto, otra ventaja que poseen los sistemas PV es que la fuente primaria de alimentación es un recurso natural interminable hasta cierto punto, convirtiéndose en una fuente de energía inagotable. La inclusión de energía renovable en el mundo es favorable para la reducción de la polución presente en el medio ambiente mitigando el uso de sistemas de generación que usan combustibles fósiles y que generan  $\text{CO}_2$  [8], [9].

La eficacia de los paneles fotovoltaicos está sujeta al material de fabricación uno de los más comunes es el silicio cristalino, presenta una eficiencia aproximada del 25%, este tipo de PV es el predilecto al momento de escoger los componentes de un sistema PV, en el mercado existen paneles PV de mayor eficiencia, pero su costo hace que sean menos accesibles y el retorno sobre la inversión tome más tiempo para que sea rentable [10].

El lugar donde se instalen los paneles PV debe ser un lugar alto o que en sus alrededores no exista objetos más altos que al nivel de instalación de los módulos, ya que esto ocasionaría sobras parciales afectando el desempeño del sistema PV, estas no son las únicas razones para que su rendimiento se vea afectado. El clima también afecta al funcionamiento del sistema PV esto es debido a que los módulos PV también trabajan en función de la temperatura, adicional a ello, la sombra provocada por nubes transitorias provoca una disminución en su eficiencia [10].

Una de las formas para incrementar la eficiencia de los sistemas PV es la implementación de reguladores de voltaje conjunto con baterías. Se puede encontrar de dos tipos, el primero regulador de Modulación por Ancho de Pulso (PWM) que prácticamente fija la tensión de trabajo del sistema al nivel de tensión de la batería, este tipo de regulador es el más comercial debido a que son pequeños y de bajo costo.

El segundo regulador Seguidor del Punto de Máxima Potencia (MPPT) independiza las tensiones de trabajo de los módulos PV de las baterías. Tanto los reguladores PWM y los MPPT tienen el mismo objetivo de usar la mayor parte de energía solar para suministrar de energía eléctrica a la carga por más tiempo [11].

Los reguladores MPPT pueden mejorar la productividad de los sistemas PV a un 30% comparado con los sistemas PWM y un 50% sin la inclusión de un regulador, esto se debe a que los voltajes tanto de los módulos PV como de la batería trabajan independientemente manteniéndose en el Punto de Máxima Potencia (MPP). Los reguladores MPPT usan algoritmos para determinar el MPP censando y comparando las magnitudes eléctricas del sistema PV para poder determinar el ciclo de trabajo que obtendrá el convertidor de potencia de corriente continua a corriente continua (DC-DC) [12].

Hace unos años atrás los reguladores más comerciales eran los reguladores PWM, son pequeños y su precio bajo. Con el pasar del tiempo ha aumentado el uso de los reguladores MPPT por los beneficios que entrega este tipo de regulador. Una de las desventajas de los reguladores MPPT es que son más grandes y su costo es mayor a comparación de un regulador PWM [1].

En este artículo se analizará el comportamiento del regulador MPPT con el algoritmo de Conductancia Incremental (IC) frente diversas cargas.

## 2 Marco teórico

La generación de electricidad en corriente continua (CC) mediante la utilización de recursos naturales renovables ha incrementado año tras año [13].

En el año de 1839 se descubrió el efecto fotovoltaico (PV) gracias al físico Alexandre Edmond Becquerel, al pasar del tiempo se desarrolló dispositivos que permiten la implementación del efecto fotovoltaico con los cuales permite el aprovechamiento de la energía solar [13].

El costo de producción de electricidad generada con energía solar en el año 2010 es de 0.381 [USD/kWh], para el año 2020 el costo de producción es de 0.057 [USD/kWh] [13], [14]. Con el tiempo se ha ido desarrollando y comercializando con más frecuencia la tecnología solar disminuyendo drásticamente los costos [15].

### 2.1 Sistemas Fotovoltaicos

Un sistema fotovoltaico (PVS) es el conjunto de equipos los cuales permiten, la conversión de energía solar a energía eléctrica por medio de un panel PV, un convertidor CC/CC y un inversor CC/CA, dependiendo del tipo de PVS, poseerán acumuladores de energía y otros no [16].

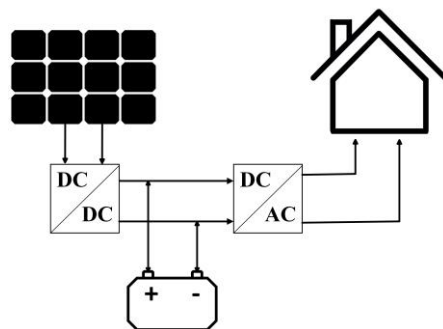


Figura 1. Sistema Fotovoltaico (PVS).

Los paneles PV son instalados en los techos de las edificaciones o en espacios grandes a nivel de la tierra cuando se trata

de centrales de generación PV, los otros componentes como los convertidores, inversores y los acumuladores de batería se encuentran al interior de las edificaciones o en centros de control [17].

### 2.1.1 Autonomía de Sistemas Fotovoltaicos

La autonomía de los PVS está ligada al uso de los acumuladores de energía, son aquellos sistemas que son capaces de suministrar de energía eléctrica a una carga sin depender de una red distribuidora de energía eléctrica [13].

Se pueden clasificar de dos maneras:

- Sistemas Autónomos
- Sistemas Conectados a la Red
- Sistemas Híbridos

La autonomía de los sistemas PV dependerá de la capacidad de las baterías y el tipo de batería [13].

Las baterías más comunes para sistemas PV son:

- Baterías Monoblock de Plomo-Acido
- Baterías Monoblock AGM
- Baterías Monoblock Gel

La autonomía de los sistemas PV variará en función de la carga que se conecte al sistema y el tiempo que suministre de energía a la misma, la capacidades de las baterías viene dadas en [Ah], a mayor capacidad mayor será el tiempo de servicio, por el contrario, al poseer una capacidad mínima el tiempo será reducido y su autonomía será baja [13], [17].

## 2.2 Seguimiento del Punto de Máxima Potencia

Los paneles PV producen voltaje y corriente la cual se genera en función de la irradiancia solar y la temperatura ambiente que inciden en los paneles, a partir de ello se establecen las curvas características de los paneles en las que se compara Corriente-Voltaje y

Potencia-Voltaje como se muestra en la figura 2 [13].

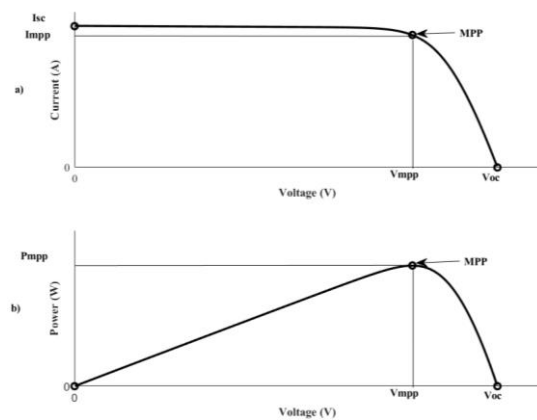


Figura 2. a) Curva característica de I-V de un panel solar. b) Curva característica de P-V de un panel solar.

El punto de máxima potencia (MPP) es el punto de operación de los paneles PV en el que entrega su máxima potencia a la carga, el MPP está determinado por una corriente máxima ( $I_{mpp}$ ) y un voltaje máximo ( $V_{mpp}$ ) [13].

En la actualidad es usual encontrar en los PVS un seguidor de punto de máxima potencia (MPPT), el cual tiene por objetivo mantener el sistema PV en el punto de operación máxima para optimizar su rendimiento. El MPPT censa el voltaje y corriente que generan los PV posteriori ingresa los mismos a un algoritmo, los módulos MPPT incorporan un convertidor Boost CC/CC, el algoritmo determinar el ciclo de trabajo con el que opera el convertidor Boost [18], [15]. Los métodos para la determinación de los algoritmos MPPT son los siguientes:

- Métodos Indirectos
- Métodos Directos

Para los métodos indirectos son los siguientes:

- Método de Tensión Fija
- Método de Tensión Fraccionaria en Circuito Abierto

Para los métodos directos son los siguientes:

- Método de Perturbación y Observación
- Método de Incremento de la Conductancia

### 2.2.1 Método de Tensión Fija

En el Método de Tensión Fija (TF) como el nombre lo dice se fija el voltaje de salida, el algoritmo censa el voltaje y los compara  $V_{mpp}$  con  $V_{pv}$  [18].

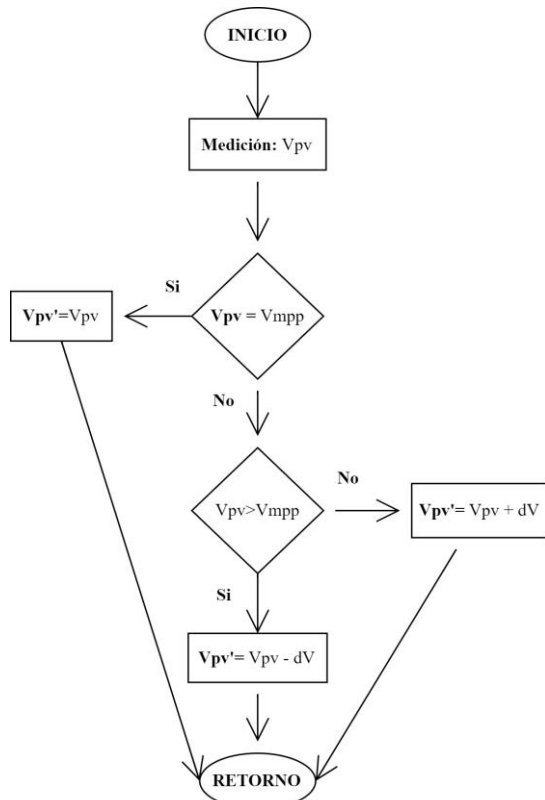


Figura 3. Diagrama de Flujo del Algoritmo de Tensión Fija.

### 2.2.2 Método de Tensión Fraccionaria en Circuito Abierto

El método de Tensión Fraccionaria en Circuito Abierto (TFCA) estima la aproximación de  $V_{mpp}$  por medio de  $V_{oc}$  y viene determinada por la siguiente ecuación:

$$V_{mpp} = k * V_{oc} \quad (1)$$

Donde:

$V_{mpp}$  Voltaje de MPP.

$k$  Características de los PV.  
 $V_{oc}$  Voltaje en Circuito Abierto.

Donde  $k$  depende de la temperatura y la irradiancia que inciden en los módulos, los valores usuales para la constante se encuentran entre 0.7 y 0.85. Para la implementación de este método se lo realiza con un módulo de prueba en el que se realiza mediciones periódicas para la obtención de  $V_{oc}$  [19].

Este método no es preciso en el MPPT ya que utiliza valores constantes que aproximan al MPP. La desventaja para pequeños PVS es que no se implementa un módulo piloto, y al realizar las mediciones periódicas en los módulos que están conectados a la carga provocará la disminución de la generación eléctrica [20].

### 2.2.3 Método de Perturbación y Observación

El algoritmo denominado Perturbar y Observar (P&O) analiza la potencia de salida observa si la potencia ha disminuido o aumentado con respecto al estado anterior, el algoritmo procesa la comparación y tomará una decisión si aumenta o disminuye el voltaje de salida, esta variación del voltaje de salida lo realizará por medio de un convertor CC/CC que incorporará el sistema. El objetivo del algoritmo es converger al MPP realizando  $n$  iteraciones [21].

Tabla 1. Posibles estados del algoritmo P&O.

$Perturbación_{n-1}$	$\Delta P$	$Perturbación_n$
+	+	+
+	-	-
-	+	-
-	-	+

El algoritmo P&O no es capaz de discriminar los incrementos de potencia

provocados por los recursos naturales en este caso por la irradiancia que alimentan al sistema, lo que provoca que el algoritmo no converja en el MPP, otro inconveniente del algoritmo es que el MPP no se lo consigue de forma constante debido a que el algoritmo se encuentra constantemente haciendo variaciones en el voltaje de salida [22].

#### 2.2.4 Método de Conductancia Incremental

El método denominado Conductancia Incremento (IC) es la versión mejorada del algoritmo de P&O, este método al igual que el otro utiliza un convertidor CC/CC el cual en esta ocasión realizará la variación de la conductancia, el algoritmo compara constantemente la conductancia instantánea y la conductancia incremental, el algoritmo una vez encuentra el MPP detiene la variación de la conductancia [23].

Una de las desventajas de este método es la dificultad que conlleva su construcción a la parte de control [16].

### 2.3 Conductancia Incremental

La conductancia eléctrica es la facilidad que presentan equipos o materiales al paso de la corriente, matemáticamente también se conoce como el inverso de la resistencia, como se describe en la ecuación 2 [24].

$$G = \frac{1}{R} = \frac{I}{V} \quad (2)$$

Donde:

- R** Resistencia.
- I** Corriente.
- V** Voltaje.

El método se basa en el uso del teorema de valor extremo, el cual se aplica en la curva de P-V donde el MPP se encuentra cuando la derivada de la potencia con

respecto a la tensión es igual a cero como se muestra en la ecuación 3 [25].

$$\frac{dP}{dV} = 0 \quad (3)$$

$$\frac{d(VI)}{dV} = I + V \frac{dI}{dV} = 0 \quad (4)$$

Dejando la ecuación 3 en función de voltaje y corriente da como resultado la ecuación 4, se observa que el MPP se encuentra cuando la IC es igual al negativo de la conductancia instantánea [26].

$$\frac{dI}{dV} \approx \frac{\Delta I}{\Delta V} \quad (5)$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta V} = -\frac{I}{V} \quad (6)$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta V} > -\frac{I}{V} \quad (7)$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta V} < -\frac{I}{V} \quad (8)$$

El método monitorea la relación entre conductancia incremental  $\Delta I/\Delta V$  y la conductancia instantánea  $I/V$ , cuando ambas son iguales (ecuación 6)  $V = V_{MPP}$ , cuando la incremental es mayor a la instantánea (ecuación 7)  $V < V_{MPP}$ , cuando la incremental es menor a la instantánea (ecuación 8)  $V > V_{MPP}$  [27].

El algoritmo de Incremento de la Conductancia (AIC) tiene dos magnitudes eléctricas que son analizadas por el mismo, corriente y voltaje, con ellas calcula la conductancia incremental y la instantánea, posterior compara y determina el cambio en el ciclo de trabajo que se hará al convertidor DC/DC con ello lograr variar el voltaje de salida de esta manera entregará la máxima potencia necesaria para la carga, a en la



figura 4 se observa el diagrama de flujo del AIC [28].

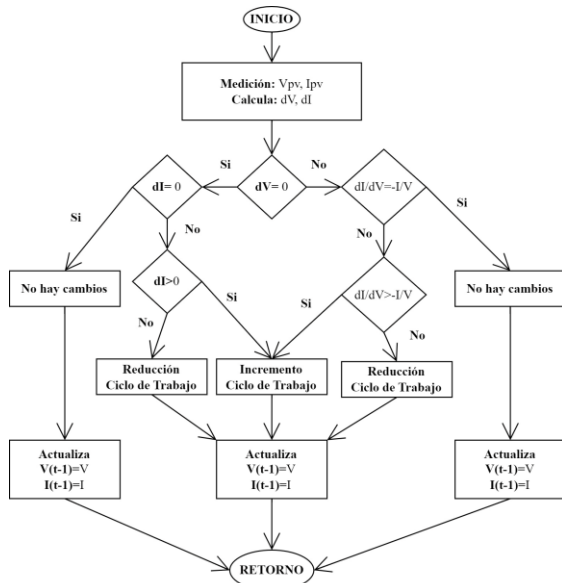


Figura 4. Diagrama de Flujo del Algoritmo de IC.

Los incrementos o decrementos del ciclo de trabajo se hacen al IGBT del convertor Boost, el AIC enviara una señal al IGBT que le indicara si se mantiene o modifica el estado actual, luego almacena los valores actuales para comparar para el siguiente estado [27], [6], [29].

## 2.4 Convertidor DC-DC Boost

El convertidor de potencia DC-DC tipo Boost es un convertor de voltaje elevador, en lo cual, el voltaje de salida  $V_{out}$  es mayor que el voltaje de entrada  $V_{in}$  y la corriente de salida  $I_{in}$  es menor que la corriente de salida  $I_{out}$  [30].

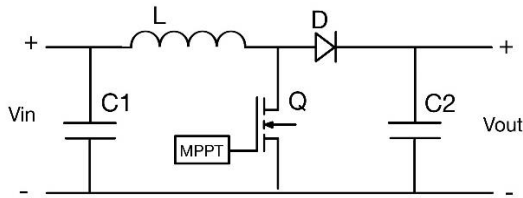


Figura 5. Diagrama básico de convertor DC-DC tipo Boost.

El convertor tiene 3 elementos principales:

- Inductor
- Condensador
- Transistor IGBT

El inductor es el encargado de almacenar la corriente de entrada en forma de campo magnético, la misma que la descarga conforme al transistor IGBT recibe la señal del MPPT, de esta manera se cumple la ley de la transformación de energía en la fórmula 9 [30], [31].

$$V_{in} * I_{in} = V_{out} * I_{out} \quad (9)$$

El convertor tiene la posibilidad de trabajar de dos formas:

- **Conducción continua:** En esta forma el inductor nunca llega de descargar toda la energía almacenada.
- **Conducción discontinua:** En esta forma el inductor llega a descargar completamente la energía almacenada.

El voltaje sobre el inductor cuando el IGBT está en ON se establece con la ecuación 10 [32].

$$V_L = V_{in} \quad (10)$$

$$\Delta i_{L-on} = \frac{1}{L} \int_0^{t_{on}} V_L dt = \frac{V_{in}}{L} t_{on} \quad (11)$$

$$\Delta i_{L-off} = \frac{1}{L} \int_{t_{on}}^{t_s} V_L dt = -\frac{V_o}{L} t_{off} \quad (12)$$

En el instante  $t_0$  el voltaje del capacitor C2 es 0, mientras que el voltaje del inductor está dada por la ecuación 10, esto debido a que el IGBT cierra el terminal negativo directamente con el terminal negativo de  $V_{in}$  [33].

Cuando el IGBT cambia de estado permite el paso de la corriente directamente al condensador de salida y a la carga, en ese instante la tensión de salida será la

sumatoria de la tensión de entrada más la tensión del inductor, ecuación 13 [34].

$$V_{out} = V_{in} + V_L \quad (13)$$

Para un tiempo  $t_{n+1}$  el IGBT cambia de posición y aísla la carga del voltaje de entrada  $V_{in}$ , en este tiempo suceden dos cosas, el inductor se vuelve a almacenar energía en forma de campo magnético, y la segunda es que el condensador es el que suministra voltaje a la carga a la vez que se descarga el mismo [35].

Este ciclo es repetitivo de esta manera se logra tener un  $V_{out}$  constante, el mismo que se establece con la ecuación 14 [35], [32].

$$V_{out} = \frac{1}{1-D} V_{in} \quad (14)$$

La operación del IGBT dependerá del ciclo de trabajo  $D$ , la misma que será modificada por el MPPT – AIC según lo establezca el MPPT [35].

## 2.5 Baterías

Las baterías o acumuladores de energía son equipos que aprovechan una reacción química y la transforman en electricidad, en la actualidad las baterías son muy útiles en el desarrollo de las vidas de las personas están en muchos dispositivos electrónicos [36].

Su principal función es proveer energía a los equipos que se pretende que sean portátiles y no sea necesario tener como fuente principal la red de alimentación doméstica, es claro que su objetivo es almacenar energía y que sea aprovechada en cualquier instante que una persona lo requiera [37].

Las baterías o acumuladores de energía se clasifican en dos clases iniciales:

- **Baterías Primarias:** Son equipos que solo tienen un ciclo de vida,

también conocidas como baterías descartables o baterías secas, a comparación con el otro tipo de baterías estas son más comerciales y tiene un costo mínimo y accesible para todas las personas [38].

- **Baterías Secundarias:** Son dispositivos que su ciclo de vida no es uno solo, estas pueden recargarse hasta cumplir el tiempo de vida útil, su principal objetivo es almacenar energía para estar disponible cuando la persona lo desee, estas son menos comerciales a comparación de las baterías primarias y son más costosas, en la actualidad han tenido una tendencia en su diseño a ser más compactas de la mano de una mayor capacidad y su ciclo de vida más largo [38].

En los sistemas de generación eléctrica renovable, las baterías son muy utilizadas para el almacenamiento de la energía producida por los sistemas, las mismas que se cargarán durante el día con las óptimas condiciones para que los sistemas produzcan energía, por otro lado se descargarán cuando termine el atardecer y cuando el sistema no tenga las condiciones óptimas para operar, en sistemas fotovoltaicos será cuando el cielo se encuentre parcialmente nublado en el emplazamiento, en los sistemas eólicos cuando las corrientes de viento cambien de dirección o no sean lo suficientemente veloz para generar electricidad [39].

### 2.5.1 Eficiencia de las Baterías

A la hora de diseñar un PVS autónomo es fundamental conocer la eficiencia de la batería, una de ellas es la eficiencia de ida y vuelta [40].

$$\eta_{bat} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (15)$$

Donde:

$P_{out}$  Potencia de descarga.

$P_{in}$  Potencia de carga.

La ecuación 15 podemos desglosar en dos eficiencias:

- Eficiencia de Tensión
- Eficiencia de Faraday

$$\eta_V = \frac{V_{descarga}}{V_{carga}} \quad (16)$$

Donde:

$V_{descarga}$  Voltaje de descarga.

$V_{carga}$  Voltaje de carga.

$$\eta_C = \frac{Q_{descarga}}{Q_{carga}} \quad (17)$$

Donde:

$Q_{descarga}$  Carga de entrada.

$Q_{carga}$  Carga de salida.

La eficiencia de la batería es el producto de las ecuaciones 16 y 17, como se muestra a continuación [40].

$$\eta_{bat} = \frac{V_{descarga}}{V_{carga}} \times \frac{Q_{descarga}}{Q_{carga}} \quad (18)$$

### 3 Modelamiento Matemático

Este apartado tiene el objetivo de describir cada etapa que posee el sistema para la simulación de un sistema PV.

La determinación del MPP en sistemas PV, están inmerso en los seguidores de punto de máxima potencia los cuales utilizan diversos algoritmos, el que se habla en este trabajo es el algoritmo IC, con el algoritmo se pretende determinar si el sistema PV se encuentra en su punto máximo de potencia o no. El algoritmo enviara una señal al convertor Boost para que aumente o reduzca su tensión de salida.

#### 3.1 Módulo Fotovoltaico

El módulo fotovoltaico que se presenta de referencia en el estudio es de la marca

WAAREE modelo WS-330, que posee las siguientes características.

Tabla 2. Características del módulo solar para SimuLink

Panel Solar WAAREE (WS-330)	
<b>Pmax (W)</b>	330
<b>Vmp (V)</b>	36.90
<b>Imp (A)</b>	8.95
<b>Isc (A)</b>	9.65
<b>Voc (V)</b>	45.50
<b>Células por Modulo</b>	72/(12*6)
<b>Coefficiente de temperatura de Voc (%/deg.C)</b>	-0.2775
<b>Coefficiente de temperatura de Isc (%/deg.C)</b>	0.0154

A continuación, las curvas características del módulo PV:

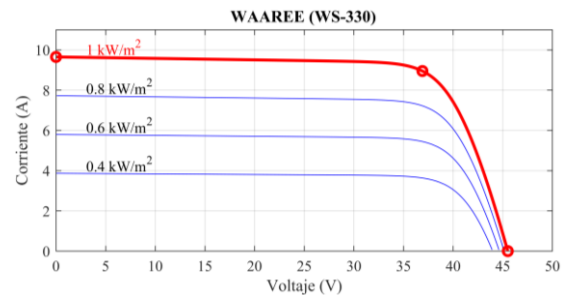


Figura 6. Curva Característica V-I

En la figura 6 se indica la curva característica de voltaje y corriente del módulo fotovoltaico, los cuales de manera experimental y bajo diferentes parámetros de funcionamiento el módulo entregará voltaje y corriente dependiendo de los mismos.

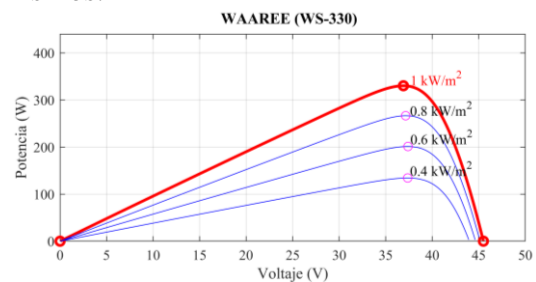


Figura 7. Curva Característica P-V

En la figura 7 se indica la curva característica de potencia activa y tensión del módulo PV, la cual establece los valores de potencia entregados por el módulo a diferentes niveles de voltaje.

### 3.2 Conversor tipo Boost

La estructura del conversor elevador tipo Boost corresponde a la figura 8 que se indica a continuación.

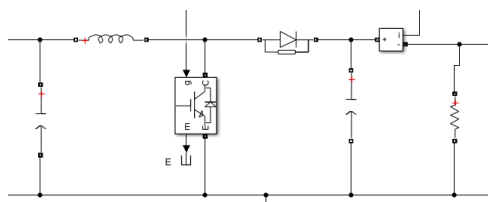


Figura 8. Conversor elevador Boost

Para el cálculo de las capacitancias tanto de  $C_i$  y  $C_o$  se detalla en las fórmulas 19 y 20.

$$C_i = \frac{4 V_{mp} D_{mp}}{\Delta V_I R_I f_s} \quad (19)$$

$$C_o = \frac{2 V_o D_{mp}}{\Delta V_o R_o f_s} \quad (20)$$

Donde:

$V_{mp}$  Voltaje de máxima potencia.

$D_{mp}$  Ciclo de trabajo de máxima potencia.

$V_I$  Voltaje de entrada

$R_I$  Resistencia reflejada al modulo

$f_s$  Frecuencia de switcheo

$V_o$  Voltaje de salida

$R_o$  Resistencia de carga

$\Delta V_I$  Voltaje de rizado de entrada

$\Delta V_o$  Voltaje de rizado de salida

Para el cálculo de la inductancia se detalla en la siguiente formula.

$$L = \frac{V_{mp} D_{mp}}{2 \Delta I_o f_s} \quad (21)$$

Donde:

$\Delta I_o$  Corriente de rizado.

Para el cálculo de la resistencia de carga la fórmula es la siguiente

$$R_o = 2.5 R_{mp} \quad (22)$$

Donde:

$R_{mp}$  Resistencia que se forma en el punto de máxima potencia.

### 3.3 Bloque de Control del Punto de Máxima Potencia (MPPT)

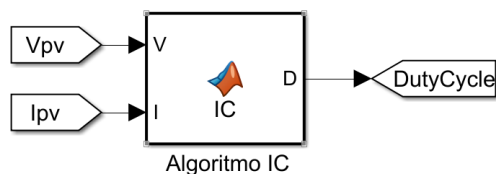


Figura 9. Bloque de Control MPPT

El bloque de control del MPP es donde se aloja el algoritmo IC el cual posee dos entradas y una salida de datos, las dos entradas corresponden a las magnitudes físicas del módulo fotovoltaico que es tensión y corriente, en cuanto a la magnitud de salida es el dato de ciclo de trabajo con el que debe operar en ese instante el conversor Boost.

### 3.4 Inversor de DC – AC

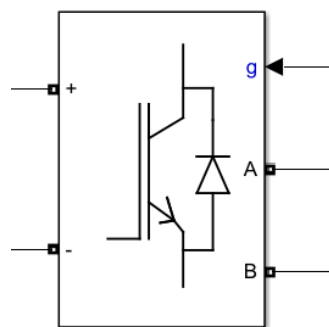


Figura 10. Puente Universal de SimuLink

El inversor que se utiliza en el artículo es un puente universal que tiene el software SimuLink, El cual se ha configurado para disponer de una salida en AC monofásica a 220 voltios, el método de control del puente se estableció por medio de IGBT / Diodos, la señal de control se la realiza por medio de un generador de señal PWM.

### 3.5 Carga

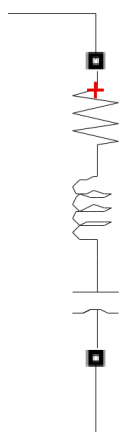


Figura 11. Carga RLC en Serie de SimuLink.

Para la carga que se empleará en la simulación se utilizará el bloque llamado Carga RLC en Serie, la misma que permite configurar el tipo de carga que se desea, para carga resistiva se establece su valor en potencia activa (W), para carga inductiva se establece en potencia reactiva positiva (+VAR), para carga capacitiva se establece en potencia reactiva negativa (-VAR).

### 3.6 Conversor DC/DC Bi-Direccional

El bloque del conversor DC/DC bi-direccional es el encargado de cargar las baterías del sistema fotovoltaico y de entregar la energía almacenada en las mismas a medida que el sistema lo requiera.

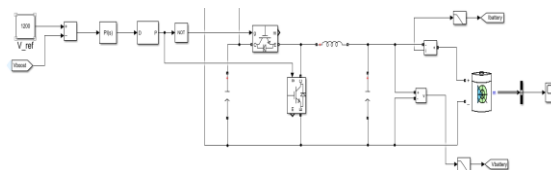


Figura 12. Conversor DC/DC tipo Buck-Boost

En la figura 12 se observa la topología del conversor bi-direccional, la misma que corresponde a un conversor tipo Buck-Boost, el bloque en estado de carga de las baterías se comporta como conversor Buck, cuando el sistema requiera de la energía almacenada por las baterías el bloque se comporta como conversor Boost.

## 4 Casos de Estudio

La energía que suministrará el sistema PV estará en función de la irradiancia promedio diaria de la ciudad de Quito, específicamente desde las 7:00 que aparecen los primeros destellos de sol hasta las 19:00 que se oculta el sol.

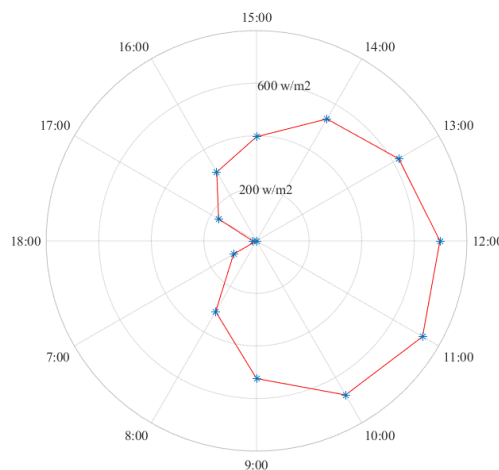


Figura 13. Irradiancia Diaria Mensual de la Ciudad de Quito.

En la figura 13 se observa la gráfica radial que se presenta en el Distrito Metropolitano de Quito, la mayor irradiancia que recibe en promedio la ciudad de Quito es de 728 [w/m<sup>2</sup>].

Tabla 3. Descripción de los casos a estudiar.

CASO	USUARIOS
------	----------

1	Tipo A (4.7 kW)	CON MPPT
2	Tipo B (3.4 kW)	Y
3	Tipo C (2.5 kW)	SIN MPPT

La carga estará dimensionada según la Norma Para Sistemas de Distribución de la Empresa Eléctrica Quito y las potencias activas que se muestran en la tabla anterior pertenece a la Demanda Máxima Diversificada (DMD) para un usuario. Como se detalla en la tabla 3 se analizará tres casos, cada uno se comparará la eficiencia del sistema PV con la implementación del algoritmo IC y sin la incorporación del algoritmo IC, adicional por cada escenario se verificará el comportamiento del sistema PV con la inclusión de almacenadores de energía y sin la inclusión de almacenadores de energía, como se detalla a continuación.

❖ CON MPPT:

- CON BATERÍAS
- SIN BATERÍAS

❖ SIN MPPT:

- CON BATERÍAS
- SIN BATERÍAS

#### 4.1 Análisis de Resultados

Una vez concluida la etapa de diseño se procede a hacer las pruebas y ensayos en los diferentes casos para comprobar la eficiencia del sistema PV frente a cada caso, la potencia generada será cuantificada en el lado de la carga. Comparando cuánta energía recibe la carga versus la energía que deberían producir los módulos PV, adicional, se calculará el Factor de Planta (FP) de cada sistema.

##### 4.1.1 Usuario Residencial Tipo A

El usuario tipo A se caracteriza por tener un DMD de 4.7 [kW] y para suministrar energía a este usuario teóricamente deberíamos emplear un arreglo de 16 módulos PV de la marca WAAREE – WS330. A continuación, se presenta la

respuesta del sistema PV sin un regulador MPPT.

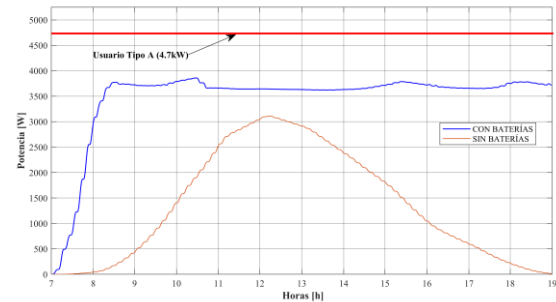


Figura 14. Potencia de los sistemas con 15 paneles solares sin MPPT.

En la figura 14 se grafica la respuesta del sistema PV sin un regulador MPPT en la que se identifica una línea y 2 curvas. La línea roja es la referencia de la potencia necesaria para abastecer a la carga residencial. La curva de color azul nos indica la reacción del sistema PV con la incorporación de baterías donde se puede apreciar que el promedio de potencia entregada a la carga es de 3813 [W], la eficiencia que tiene el sistema es de 72.22% y el FP es 57.77%. La curva de color naranja representa el comportamiento del mismo sistema PV sin baterías, la curva denota una baja producción de energía y un pico de potencia de 3111 [W], para este sistema la eficiencia es de 58.92% con un FP de 35.35%.

El sistema PV sin el regulador MPPT no abastece a la carga residencial por lo que se debe aumentar el número de módulos PV para cumplir con la demanda de potencia.

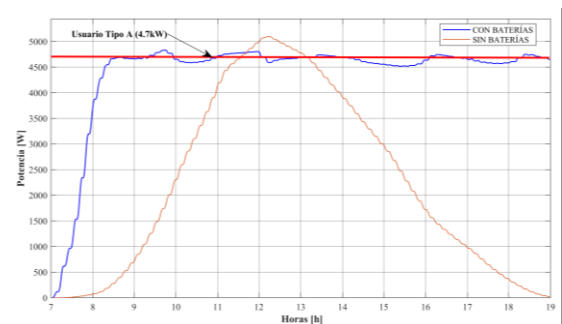


Figura 15. Potencia del sistema sin MPPT.

En la figura 15 se representa el sistema PV sin regulador MPPT con un mayor número de módulos PV para poder cubrir la demanda de la carga residencial. La curva azul es la respuesta del sistema PV con 20 módulos PV, la potencia promedio del sistema es de 4707 [W] con una eficiencia de 71.32% y su FP es del 57.06%. La curva naranja es la respuesta del sistema PV con 24 módulos PV, la potencia pico máxima que alcanzó es de 5090[W] dando como resultado una eficiencia de 64.27% y el FP de 38.56%.

Tabla 4. Tabla de Resultados del Sistema sin MPPT Caso 1.

	CON BATERÍAS	SIN BATERÍAS
Número de paneles solares	20	24
$\eta$ [%]	71.32	64.27
FP [%]	57.06	38.56

En la Tabla 4 se observa el resumen de los resultados obtenidos para el primer caso, los resultados denotan una gran diferencia entre los dos sistemas, el sistema PV con baterías y sin regulador MPPT obtuvo la mayor eficiencia entre los dos sistemas PV. A continuación, se analiza el sistema PV con la implementación de un regulador de voltaje tipo MPPT.

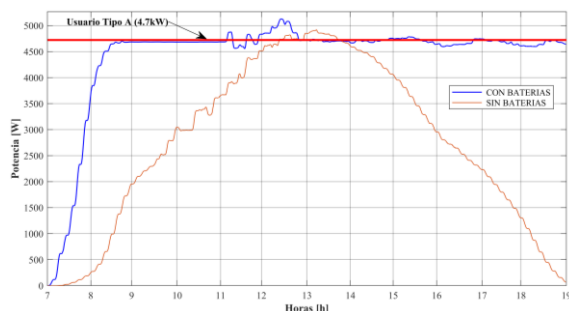


Figura 16. Potencia del sistema con MPPT.

A continuación, en la figura 16 se observa los resultados obtenidos con la implementación del regulador de voltaje tipo MPPT. En ambos casos se observa que alcanzan la potencia requerida para el

usuario, donde, la curva en azul se implementa el sistema con un arreglo de 16 módulos PV que entrega una potencia promedio de 4713 [W], una eficiencia de 89.26% y su FP de 71.42%. La curva naranja representa el sistema PV con un arreglo de 20 módulos PV que suministran una potencia pico de 4873 [W], una eficiencia del 73.83% y su FP del 44.29%.

Tabla 5. Tabla de Resultados del Sistema con MPPT Caso 1.

	CON BATERÍAS	SIN BATERÍAS
Número de paneles solares	16	20
$\eta$ [%]	89.26	73.83
FP [%]	71.42	44.29

En la Tabla 5 se resume las eficiencias y el factor de planta para cada escenario en los que se implementa el sistema regulador MPPT, los mismos que evidencian la disminución de módulos PV para cada escenario planteado en el estudio. La eficiencia en cada sistema PV ha incrementado cumpliendo con las expectativas para la implementación del algoritmo.

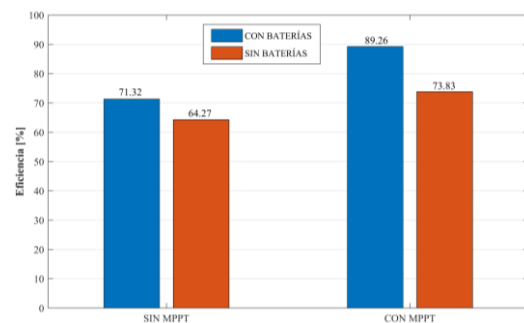


Figura 17. Grafica Comparativa de Eficiencias Caso 1.

En la figura 17 se compara los escenarios planteados, sin MPPT y con MPPT, el escenario con mayor eficiencia es en el que se implementa el sistema PV con el algoritmo IC y el uso de baterías dando un 89.26% de eficiencia. El peor escenario que se presentó es la implementación del

sistema PV sin algoritmo y sin baterías con una eficiencia del 64.27%.

#### 4.1.2 Usuario Residencial Tipo B

Siguiendo con la misma línea investigativa que se desarrolló en el caso del usuario residencial tipo A. El usuario residencial tipo B se caracteriza por tener un DMD de 3.4 [kW] y para suministrar energía a este usuario teóricamente deberíamos emplear un arreglo de 12 módulos PV. A continuación, se presenta la respuesta del sistema PV sin un regulador MPPT.

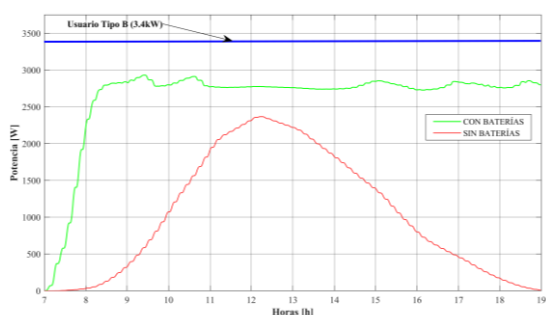


Figura 18. Potencia del sistema con 12 paneles solares sin MPPT.

En la figura 18 se indica la respuesta del sistema PV sin el algoritmo IC al igual que el anterior caso el sistema no es capaz de cubrir la demanda del usuario por lo que es necesario usar más módulos.

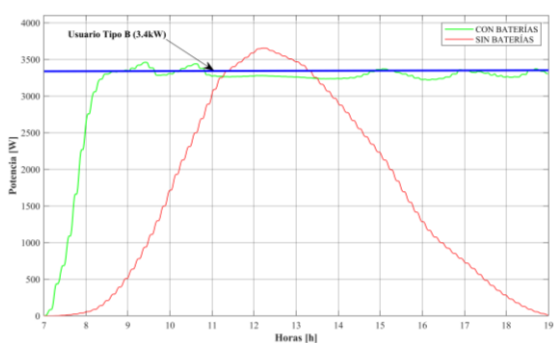


Figura 19. Potencia del sistema sin MPPT Caso 2.

El nuevo sistema PV que incluye baterías tiene 16 módulos PV y para el sistema PV sin baterías tiene 20 módulos, en ambos escenarios se logra llegar al DMD del usuario residencial tipo B. La curva de color verde es el sistema que incorpora

almacenadores de baterías y entrega una potencia promedio de 3398 [W] la eficiencia que tiene este sistema es de 64.36% con un FP de 51.48%. La curva roja es el sistema que no incluye baterías y entrega una potencia pico de 3589 [W] la eficiencia que tiene este sistema es de 54.38% con el FP de 32.62%.

Tabla 6. Tabla de Resultados del Sistema sin MPPT Caso 2.

	CON BATERÍAS	SIN BATERÍAS
Número de paneles solares	16	20
$\eta$ [%]	64.36	54.38
FP [%]	51.48	32.62

En la Tabla 6 se puede analizar que el sistema PV de mayor eficiencia es el sistema PV con almacenadores de energía y sin el algoritmo IC, al incluir almacenadores de energía mejora el sistema un 9.98% en su eficiencia y mejora un 18.86% su FP.

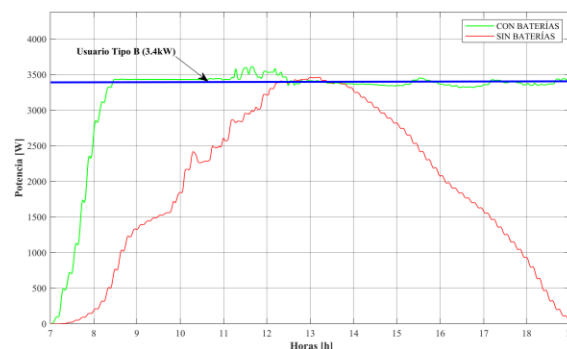


Figura 20. Potencia del sistema con MPPT Caso 2.

Los resultados de la implementación del regulador de voltaje tipo MPPT se puede apreciar en la figura 20. La curva verde es el sistema PV con almacenadores de energía para este sistema se usó 12 módulos PV dando como resultado una potencia promedio de 3457 [W], una eficiencia del 87.30% y un FP de 69.84%. La curva roja es el sistema PV sin baterías se usó 16 módulos PV dando como resultado una



potencia pico de 3494 [W], una eficiencia del 66.17% y un factor de planta de 39.70%.

Tabla 7. Tabla de Resultados del Sistema con MPPT Caso 2.

	CON BATERÍAS	SIN BATERÍAS
Número de paneles solares	12	16
$\eta$ [%]	87.30	66.17
FP [%]	69.84	39.70

De la misma forma que el anterior caso, se obtiene una disminución en el número de módulos PV a utilizar para el escenario que se plantea el uso de baterías, de 16 módulos PV a 12 módulos PV, para el escenario que no se implementa almacenadores de energía, de 20 módulos PV a 16 módulos PV, cumpliendo con el objetivo de la implementación del regulador tipo MPPT.

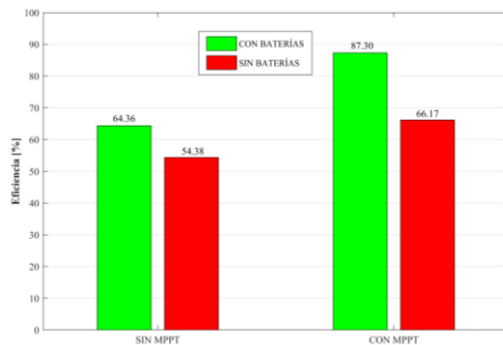


Figura 21. Grafica Comparativa de Eficiencias Caso 2.

La mayor eficiencia de los distintos escenarios es el sistema PV en el que se implementa el MPPT y almacenadores de energía, como se observa en la figura 21, la eficiencia del sistema es de 87.30% siendo la mejor opción para implementar un sistema PV a nivel residencial.

#### 4.1.3 Usuario Residencial Tipo C

De la misma forma que se ha tratado los dos casos anteriores, en este usuario la DMD es de 2.5kW y teóricamente para suministrar energía a este usuario sería necesario implementar 8 módulos PV.

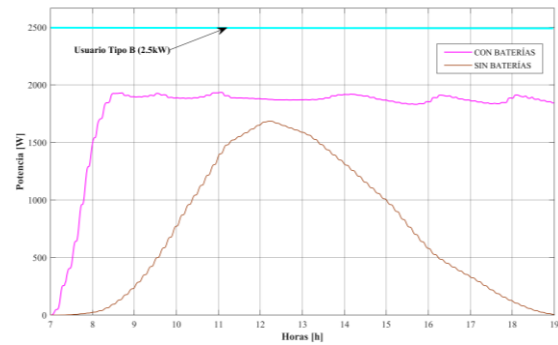


Figura 22. Potencia del sistema con 8 paneles solares sin MPPT.

Como se puede observar en la figura 22 la implementación de un sistema PV sin un regulador de voltaje tipo MPPT no puede abastecer la DMD de un usuario tipo C, aunque se implemente el sistema con almacenadores de energía, por lo tanto, se debe aumentar el uso de módulos PV reduciendo la eficiencia de todo el sistema PV.

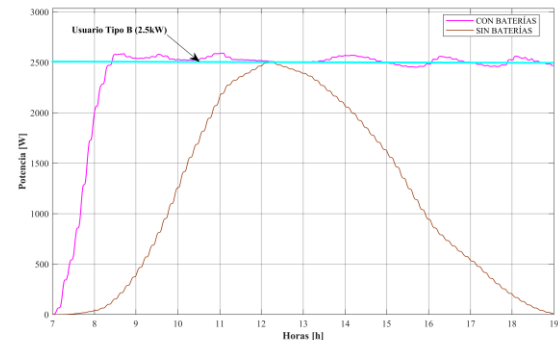


Figura 23. Potencia del sistema sin MPPT Caso 3.

El sistema PV para abastecer de energía al usuario tipo C, pasó de 8 módulos PV a 12 módulos PV para el sistema con baterías y de 8 módulos PV a 16 módulos PV para el sistema sin almacenadores de energía, en ambos casos su eficiencia se ve afectada con una reducción. La curva de color rosado es el sistema con almacenadores de energía y tiene una potencia promedio de 2511 [W], una eficiencia del 63.41% con un FP de 50.74%. La curva de color marrón es el sistema sin almacenador de energía y entrega una potencia pico de 2500 [W], una eficiencia del 47.35% con un FP del 28.41%.

Tabla 8. Tabla de Resultados del Sistema sin MPPT Caso 3.

	CON BATERÍAS	SIN BATERÍAS
Número de paneles solares	12	16
$\eta$ [%]	63.41	47.35
FP [%]	50.74	28.41

En la Tabla 8 se puede analizar que el sistema de mayor eficiencia es el sistema PV en el que se usa almacenadores de energía mejorando su eficiencia un 16.06% y su FP un 22.33% a comparación del sistema PV que no usa banco de baterías. En la siguiente grafica se indicará los resultados que arrojan la implementación del regulador de voltaje tipo MPPT utilizando el algoritmo IC mejorando significativamente el rendimiento y la producción del sistema PV.

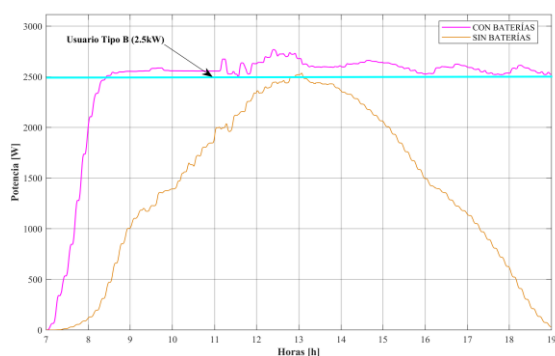


Figura 24. Potencia del sistema con MPPT Caso 3.

En la figura 24 se muestra la respuesta del sistema PV con la implementación del regulador de voltaje tipo MPPT logrando una reducción de los módulos PV, de 12 módulos PV a 8 módulos PV y de 16 módulos PV a 8 módulos PV, cumpliendo con el objetivo del MPPT. La curva rosada perteneciente al sistema PV que usa almacenadores de energía entrega una potencia promedio de 2596 [W], una eficiencia del 98.33% con un FP del 78.64%. La curva marrón perteneciente al sistema PV que no usa baterías entrega una

potencia pico de 2500 [W], una eficiencia del 94.70% y un FP del 56.81%.

Tabla 9. Tabla de Resultados del Sistema con MPPT Caso 3.

	CON BATERÍAS	SIN BATERÍAS
Número de paneles solares	8	8
$\eta$ [%]	98.33	94.70
FP [%]	78.64	56.81

Como se ve en la Tabla 9, la inclusión de reguladores de voltaje de tipo MPPT ayuda a mejorar el sistema PV obteniendo una eficiencia de 98.33% que le pertenece al sistema PV con MPPT y almacenadores de energía.

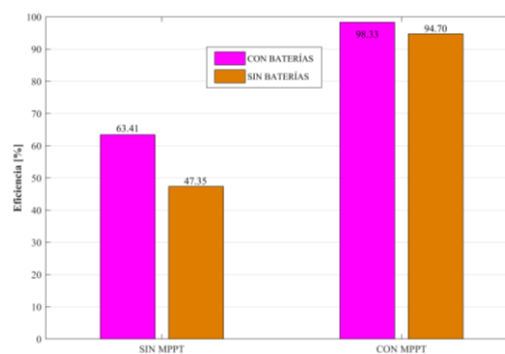


Figura 25. Grafica Comparativa de Eficiencias Caso 3.

En este caso la mejora es significativa en ambos escenarios planteados, como se puede observar en la figura 25, para el escenario en el que se incluye el uso del MPPT y almacenadores de energía mejoró un 34.92%, por otro lado, el escenario en el que se incluye el MPPT sin almacenadores de energía mejoró un 47.35%. La mejor opción a la hora de implementar un sistema PV para el usuario tipo C es la combinación de MPPT y baterías.

## 5 Conclusiones

En síntesis, la implementación del MPPT con el algoritmo IC reduce los módulos PV en la implementación de una central PV, para el usuario residencial tipo A en el

escenario donde se usa almacenadores de energía reduce un 20% de módulos PV que representa 4 módulos PV, el escenario donde no se usa un banco de baterías reduce un 16% de módulos PV a usar que representa a 4 módulos PV. Para el usuario tipo B en el escenario donde se usa almacenadores de energía reduce un 25% de módulos PV, el 25% representa a 4 módulos PV, para el escenario donde no se usa banco de baterías reduce 20% de módulos PV que simboliza a 4 módulos PV. Para el usuario tipo C en el escenario donde se usa banco de baterías reduce un 33% de módulos PV que simboliza a 4 módulos PV y en el escenario donde no se usa banco de baterías reduce un 50% de módulos PV que representa a 8 módulos PV. Los usuarios tipo A y B presentan un mayor porcentaje de reducción en módulos PV para un sistema PV que incluya almacenadores de energía, debido a que los bancos de batería entregan la energía necesaria para que el sistema trabaje en su MPP y en función a la carga conectada al sistema variando los parámetros de voltaje y corriente en el sistema ubicando el MPP en todo el tiempo que se encuentra en funcionamiento la central PV. La inclusión de un sistema MPPT en una central PV se ve reflejada en la mejora de la eficiencia y factor de planta en cada uno de los casos estudiados. Para el usuario tipo A mejoró la eficiencia en un 17.94% y en cuanto al factor de planta mejora un 14.36%. El usuario tipo B presenta un progreso en la eficiencia de 22.94% y su factor de planta mejora un 18.36%. El usuario tipo C presenta un aumento en la eficiencia del 34.92% y su factor de planta incrementa un 27.90%. Económicamente, la reducción en el uso de módulos PV significa un ahorro en el costo de implementación en la central PV reduciendo 1200 USD en el presupuesto total en los 3 casos de estudio.

## 5.1 Trabajos futuros

De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio de sistemas fotovoltaicos de la presente investigación se propone para trabajos futuros la comparativa de distintos algoritmos MPPT, analizando el rendimiento entre los diferentes métodos y distintas geolocalizaciones del emplazamiento, obteniendo datos meteorológicos correspondientes a la localidad.

## 6 Referencias

- [1] J. Constante and E. Palacios, *El Recurso Solar Para Generación De Energía*. 2014.
- [2] C. Montoya Rasero, “La energía solar fotovoltaica en España,” *Nimbus*, vol. 13–14, no. 137, pp. 5–31, 2004.
- [3] M. Ortúzar, J. Dixon, and J. Moreno, “Design, Construction and Performance of a Buck-Boost Converter for an Ultracapacitor-Based Auxiliary Energy System for Electric Vehicles,” *IECON Proc. (Industrial Electron. Conf.)*, vol. 3, pp. 2889–2894, 2003, doi: 10.1109/iecon.2003.1280706.
- [4] V. Ayala, “Modelamiento de un sistema fotovoltaico de alta eficiencia y análisis de producción energética bajo diferentes condiciones climáticas estacionarias,” *Univ. Politécnica Sales. Sede Quito*, 2018.
- [5] G. F. CHÁVEZ GUAMBAÑA, “Máxima Transferencia De Potencia De Un Sistema De Micro Generación Fotovoltaica Por Medio De Pso Y Modelación Dinámica Por Medio De Vensim,” *Univ. Politécnica Sales. Sede Quito*, pp. 1–48, 2020, [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19272/1/UPS-TTS162.pdf>.
- [6] D. D. Fiallos Chamorro,

- “Determinación del punto óptimo de potencia de paneles fotovoltaicos en base a variables difusas mediante el modelo de liu jordan.” *Univ. Politécnica Sales. Sede Quito*, vol. 1, p. 22, 2020, [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19344>.
- [7] C. Robles Algarin and O. Rodríguez Álvarez, “An overview of the renewable energy in the World, Latin America and Colombia,” *Espacios*, vol. 39, no. 34, 2018.
- [8] N. Echeverría, M. Judewicz, G. Murcia, J. Strack, and S. González, “Algoritmo MPPT de Conductancia Incremental con Doble Cota,” *Aadeca*, no. September, p. 9, 2014, doi: 10.13140/2.1.2604.6720.
- [9] S. Arla Odio, M. Tapia Zurita, J. Guasumba Codena, J. Martí-nez, J. Asitimbay, and E. Tapia Zurita, “Validación del Recurso Solar en el Ecuador para Aplicaciones de Media y Alta Temperatura,” *INNOVA Res. J.*, vol. 2, no. 7, pp. 34–45, 2017, doi: 10.33890/innova.v2.n7.2017.226.
- [10] E. A. Mediavilla Yandún, “Óptima Gestión De La Producción Energética Entre Sistemas Fotovoltaicos De Alta Eficiencia Y Micro-Generación Eólica Basado En Lógica Difusa,” *Univ. Politécnica Sales. Sede Quito*, pp. 9–33, 2020, [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19363>.
- [11] O. P. Lamiguero, “ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA,” *Creat. Commons*, no. March, 2013.
- [12] C. Montoya Rasero *et al.*, “Energía Solar Fotovoltaica,” *Environ. Pollut.*, vol. 16, no. 3, pp. 262–270, 2017, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.solmat.2017.02.016><http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-027571-0.50013-6><http://dx.doi.org/10.1016/j.riit.2015.05.012><http://www.eoi.es>.
- [13] W. Xiao, *Photovoltaic Power System: Modeling, Design, and Control*, 1st ed. 2017.
- [14] R.-E. Precup, T. Kamal, and S. Z. Hassan, *Solar photovoltaic power plants: Advance d Control and Optimization Techniques*, vol. 1. 2019.
- [15] L. Ashok Kumar, S. ALBERT ALEXANDER, and R. Madhuvanathi, *Power Electronic Converters for Solar Photovoltaic Systems*. 2020.
- [16] M. Z. Arno Smets, Klaus Jager, Olindo Isabella, René Van Swaaij, “The physics and engineering of photovoltaic conversion technologies and systems,” *UIT Cambridge*, vol. 249, no. 5459, pp. 726–729, 1974, doi: 10.1038/249726a0.
- [17] S. A. Yang Y, Blaabjerg F, Kim K, *Advances in Grid-Connected Photovoltaic Poer Conversion Systems*, vol. 59. 2019.
- [18] S. S. Bhatara, R. F. Iskandar, and M. R. Kirom, “Design and simulation of maximum power point tracking (MPPT) system on solar module system using constant voltage (CV) method,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 1712, no. Cv, 2016, doi: 10.1063/1.4941877.
- [19] M. Adly, H. El-Sherif, and M. Ibrahim, “Maximum power point tracker for a PV cell using a fuzzy agent adapted by the fractional open circuit voltage technique,” *IEEE Int. Conf. Fuzzy Syst.*, pp. 1918–1922, 2011, doi: 10.1109/FUZZY.2011.6007697.
- [20] S. Negi, A. Maity, A. Patra, and M. Sharad, “Adaptive fractional open circuit voltage method for maximum power point tracking in a photovoltaic panel,” *Proc. - 32nd Int. Conf. VLSI Des. VLSID 2019 - Held*

- Concurr. with 18th Int. Conf. Embed. Syst. ES 2019*, pp. 482–487, 2019, doi: 10.1109/VLSID.2019.00101.
- [21] H. A. Sher, A. F. Murtaza, A. Noman, K. E. Addoweesh, K. Al-Haddad, and M. Chiaberge, “A New Sensorless Hybrid MPPT Algorithm Based on Fractional Short-Circuit Current Measurement and P&O MPPT,” *IEEE Trans. Sustain. Energy*, vol. 6, no. 4, pp. 1426–1434, 2015, doi: 10.1109/TSTE.2015.2438781.
- [22] J. M. Riquelme-Dominguez and S. Martinez, “Comparison of Different Photovoltaic Perturb and Observe Algorithms for Drift Avoidance in Fluctuating Irradiance Conditions,” *Proc. - 2020 IEEE Int. Conf. Environ. Electr. Eng. 2020 IEEE Ind. Commer. Power Syst. Eur. IEEEIC / I CPS Eur. 2020*, 2020, doi: 10.1109/IEEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160791.
- [23] M. S. B. Tiong Meng Chung\*, Hamdan Daniyal, Mohd Herwan Sulaiman, “Comparative Study of P&O and Modified Incremental Conductance Algorithm in Solar Maximum Power Point Tracking,” vol. 9, pp. 2–7, 2016.
- [24] D. Lakshmi and M. R. Rashmi, “A modified incremental conductance algorithm for partially shaded PV array,” *Proc. 2017 IEEE Int. Conf. Technol. Adv. Power Energy Explor. Energy Solut. an Intell. Power Grid, TAP Energy 2017*, vol. 2, no. c, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/TAPENERGY.2017.8397209.
- [25] M. K. Chaurasia and L. Gidwani, “Analysis of PV module with buck-boost and zeta converters with incremental conductance maximum power point tracking method,” *Proc. 2017 Int. Conf. Smart Technol. Smart Nation, SmartTechCon 2017*, vol. 3, no. 2, pp. 1591–1596, 2018, doi: 10.1109/SmartTechCon.2017.8358633.
- [26] E. Kim, M. Warner, and I. Bhattacharya, “Adaptive Step Size Incremental Conductance Based Maximum Power Point Tracking (MPPT),” *Conf. Rec. IEEE Photovolt. Spec. Conf.*, vol. 2020-June, pp. 2335–2339, 2020, doi: 10.1109/PVSC45281.2020.9300956.
- [27] M. H. Anowar and P. Roy, “A Modified Incremental Conductance Based Photovoltaic MPPT Charge Controller,” *2nd Int. Conf. Electr. Comput. Commun. Eng. ECCE 2019*, no. 1, pp. 7–9, 2019, doi: 10.1109/ECACE.2019.8679308.
- [28] U. S. Ali, D. V. Veeraraghavulu, M. Niveditha, N. Priyadharshini, and P. Sandhiya, “Stateflow based incremental conductance MPPT of a photovoltaic system using Z - Source DC - DC converter,” *2016 - Bienn. Int. Conf. Power Energy Syst. Towar. Sustain. Energy, PESTSE 2016*, 2016, doi: 10.1109/PESTSE.2016.7516474.
- [29] A. D. Harshal Deopare, “Modeling and Simulation of Incremental Conductance Maximum Power Point Tracking,” *2015 Int. Conf. Energy Syst. Appl. (ICESA 2015) Dr. D. Y. Patil Inst. Eng. Technol. Pune, India 30 Oct - 01 Nov, 2015*, no. Icesa, pp. 501–505, 2015.
- [30] S. Mahdizadeh, R. S. Sharivar, H. Gholizadeh, and E. Afjei, “A transformer less quadratic boost DC-DC converter with continuous input current and a few number of components, based on classical boost and cuk converter suitable for renewable applications,” *2021 29th Iran. Conf. Electr. Eng. ICEE 2021*, pp. 252–257, 2021, doi: 10.1109/ICEE52715.2021.9544458.

- [31] B. V. Anuraag, R. Mahalakshmi, S. Likhtih, P. Bhargavi, and A. Mohanty, "Design and Comparative Study of DC-DC Quadratic Buck-Boost Converter and Cascaded Buck-Boost Converter," *2021 6th Int. Conf. Recent Trends Electron. Information, Commun. Technol. RTEICT 2021*, pp. 642–646, 2021, doi: 10.1109/RTEICT52294.2021.9573716.
- [32] N. Boujelben, F. Masmoudi, M. Djemel, and N. Derbel, "Design and comparison of quadratic boost and double cascade boost converters with boost converter," *2017 14th Int. Multi-Conference Syst. Signals Devices, SSD 2017*, vol. 2017-Janua, pp. 245–252, 2017, doi: 10.1109/SSD.2017.8167022.
- [33] A. K. Chauhan, M. Raghuram, and S. K. Singh, "Extended boost three phase matrix converter using switched capacitor topology having buck boost ability," *IEEE Int. Conf. Power Electron. Drives Energy Syst. PEDES 2016*, vol. 2016-Janua, pp. 1–4, 2017, doi: 10.1109/PEDES.2016.7914375.
- [34] H. Wu, T. Mu, H. Ge, and Y. Xing, "Full-Range Soft-Switching-Isolated Buck-Boost," vol. 31, no. 2, pp. 987–999, 2016.
- [35] A. Balal and F. Shahabi, "Lts Spice Analysis of Double-Inductor Quadratic Boost Converter in Comparison with Quadratic Boost and Double Cascaded Boost Converter," *2021 12th Int. Conf. Comput. Commun. Netw. Technol. ICCCNT 2021*, pp. 6–11, 2021, doi: 10.1109/ICCCNT51525.2021.9579931.
- [36] H. Bashir, A. Yaqoob, I. Jawaid, W. Khalid, M. Y. Javed, and W. Sultan, "A Review of Battery Management System and Modern State Estimation Approaches in Lithiumion Batteries for Electric Vehicle," *2022 5th Int. Conf. Energy Conserv. Effic. ICECE 2022 - Proc.*, 2022, doi: 10.1109/ICECE54634.2022.9758962.
- [37] M. O. Qays, Y. Buswig, M. L. Hossain, and A. Abu-Siada, "Recent progress and future trends on the state of charge estimation methods to improve battery-storage efficiency: A review," *CSEE J. Power Energy Syst.*, vol. 8, no. 1, pp. 105–114, 2022, doi: 10.17775/CSEEJPES.2019.03060.
- [38] E. D. Sexton and J. B. Olson, "Coulombic efficiency of a sealed, thin plate, spiral lead-acid battery," *Proc. Annu. Batter. Conf. Appl. Adv.*, no. 3, pp. 297–301, 1998, doi: 10.1109/bcaa.1998.653883.
- [39] P. Zhang, C. Du, F. Yan, and J. Kang, "Influence of practical complications on energy efficiency of the vehicle's lithium-ion batteries," *2011 Int. Conf. Electr. Inf. Control Eng. ICEICE 2011 - Proc.*, pp. 2278–2281, 2011, doi: 10.1109/ICEICE.2011.5777025.
- [40] J. Zhao, R. Ling, S. Liu, and D. Li, "Bus battery equalization with nonlinear energy efficiency and time efficiency," *IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet.*, vol. 2021-July, pp. 2–6, 2021, doi: 10.1109/PESGM46819.2021.9638069.

## 6.1 Matriz de Estado del Arte

Tabla 10: Matriz de estado del arte.

DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE MÁXIMA POTENCIA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS MEDIANTE EL USO DEL ALGORITMO DE CONDUCTANCIA INCREMENTAL																														
ITEM	DATOS			TEMÁTICA						FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA								SOLUCIÓN PROPUESTA					
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	CITAS	Sistemas Fotovoltaicos	Seguimiento del Punto de Máxima Potencia	Conductancia Incremental	Convertidor DC-DC Boost	Baterías	Autonomía de Sistemas Fotovoltaicos	Minimización de Pérdidas en la Red	Estabilidad del Índice de Potencia	Estabilidad del Índice de Tensión	Minimización de Cargabilidad de la Red	Nivel de Tensión	Topología del Sistema	Niveles de Potencia	Método de Tensión Fija	Método de Tensión Fraccionaria en Circuito	Método de Perturbación y Observación	Método de Conductancia Incremental	Algoritmo de Simulación Heurístico	Algoritmo de Simulación Modificado "Plant Growth"	Algoritmo de Simulación "Harmony Search"	Factor de Sensibilidad	Algoritmo de búsqueda backtracking	Método Pareto - Fuzzy	Mejora de Estabilidad - Eficiencia - Rendimiento	Optimización de la Red	Máximo Aprovechamiento de Energía	Algoritmo IC
1	2014	El Recurso Solar Para Generación De Energía	4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	2004	La energía solar fotovoltaica en España	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	2003	Design, Construction and Performance of a Buck-Boost Converter for an Ultracapacitor-Based Auxiliary Energy System for Electric Vehicles	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	2018	Modelamiento de un sistema fotovoltaico de alta eficiencia y análisis de producción energética bajo diferentes condiciones climáticas estacionarias	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	2020	Máxima Transferencia De Potencia De Un Sistema De Micro Generación Fotovoltaica Por Medio De Pso Y Modelación Dinámica Por Medio De Vensim	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	2020	Determinación del punto óptimo de potencia de paneles fotovoltaicos en base a variables difusas mediante el modelo de liu jordan	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	2018	An overview of the renewable energy in the World, Latin America and Colombia	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	2014	Algoritmo MPPT de Conductancia Incremental con Doble Cota	1																											

## DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE MÁXIMA POTENCIA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS MEDIANTE EL USO DEL ALGORITMO DE CONDUCTANCIA INCREMENTAL

ITEM	DATOS			TEMÁTICA						FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA								SOLUCIÓN PROPUESTA						
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	CITAS	Sistemas Fotovoltaicos	Seguimiento del Punto de Máxima Potencia	Conductancia Incremental	Convertidor DC-DC Boost	Baterías	Autonomía de Sistemas Fotovoltaicos	Minimización de Pérdidas en la Red	Estabilidad del Índice de Potencia	Estabilidad del Índice de Tensión	Minimización de Cargabilidad de la Red	Nivel de Tensión	Topología del Sistema	Niveles de Potencia	Método de Tensión Fija	Método de Tensión Fraccionaria en Circuito	Método de Perturbación y Observación	Método de Conductancia Incremental	Algoritmo de Simulación Heurístico	Algoritmo de Simulación Modificado "Plant Growth"	Algoritmo de Simulación "Harmony Search"	Factor de Sensibilidad	Algoritmo de búsqueda backtracking	Método Pareto - Fuzzy	Mejora de Estabilidad - Eficiencia - Rendimiento	Optimización de la Red	Máximo Aprovechamiento de Energía	Algoritmo IC	
9	2017	Validación del Recurso Solar en el Ecuador para Aplicaciones de Media y Alta Temperatura	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	2020	Óptima Gestión De La Producción Energética Entre Sistemas Fotovoltaicos De Alta Eficiencia Y Micro-Generación Eólica Basado En Lógica Difusa	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	2013	ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	2017	Energía Solar Fotovoltaica	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	2017	Photovoltaic Power System: Modeling, Design, and Control	8	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14	2019	Solar photovoltaic power plants: Advance d Control and Optimization Techniques	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15	2020	Power Electronic Converters for Solar Photovoltaic Systems	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16	1974	The physics and engineering of photovoltaic conversion technologies and systems	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17	2019	Advances in Grid-Connected Photovoltaic Poer Conversion Systems	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	



## DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE MÁXIMA POTENCIA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS MEDIANTE EL USO DEL ALGORITMO DE CONDUCTANCIA INCREMENTAL

ITEM	DATOS		TEMÁTICA						FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA								SOLUCIÓN PROPUESTA							
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	CITAS	Sistemas Fotovoltaicos	Seguimiento del Punto de Máxima Potencia	Conductancia Incremental	Convertidor DC-DC Boost	Baterías	Autonomía de Sistemas Fotovoltaicos	Minimización de Pérdidas en la Red	Estabilidad del Índice de Potencia	Estabilidad del Índice de Tensión	Minimización de Cargabilidad de la Red	Nivel de Tensión	Topología del Sistema	Niveles de Potencia	Método de Tensión Fija	Método de Tensión Fraccionaria en Circuito	Método de Perturbación y Observación	Método de Conductancia Incremental	Algoritmo de Simulación Heurístico	Algoritmo de Simulación Modificado "Plant Growth"	Algoritmo de Simulación "Harmony Search"	Factor de Sensibilidad	Algoritmo de búsqueda backtracking	Método Pareto - Fuzzy	Mejora de Estabilidad - Eficiencia - Rendimiento	Optimización de la Red	Máximo Aprovechamiento de Energía	Algoritmo IC	
18	2016	Design and simulation of maximum power point tracking (MPPT) system on solar module system using constant voltage (CV) method	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	2011	Maximum power point tracker for a PV cell using a fuzzy agent adapted by the fractional open circuit voltage technique	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	2019	Adaptive fractional open circuit voltage method for maximum power point tracking in a photovoltaic panel	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	2015	A New Sensorless Hybrid MPPT Algorithm Based on Fractional Short-Circuit Current Measurement and P&O MPPT	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	2020	Comparison of Different Photovoltaic Perturb and Observe Algorithms for Drift Avoidance in Fluctuating Irradiance Conditions	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23	2016	Comparative Study of P&O and Modified Incremental Conductance Algorithm in Solar Maximum Power Point Tracking	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
24	2017	A modified incremental conductance algorithm for partially shaded PV array	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25	2018	Analysis of PV module with buck-boost and zeta converters with incremental conductance maximum power point tracking method	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
26	2020	Adaptive Step Size Incremental Conductance Based Maximum Power Point Tracking (MPPT)	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

**DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE MÁXIMA POTENCIA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS MEDIANTE EL USO DEL ALGORITMO DE CONDUCTANCIA INCREMENTAL**

ITEM	DATOS			TEMÁTICA					FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA								SOLUCIÓN PROPUESTA						
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	CITAS	Sistemas Fotovoltaicos	Seguimiento del Punto de Máxima Potencia	Conductancia Incremental	Convertidor DC-DC Boost	Baterías	Autonomía de Sistemas Fotovoltaicos	Minimización de Pérdidas en la Red	Estabilidad del Índice de Potencia	Estabilidad del Índice de Tensión	Minimización de Cargabilidad de la Red	Nivel de Tensión	Topología del Sistema	Niveles de Potencia	Método de Tensión Fija	Método de Tensión Fraccionaria en Circuito	Método de Perturbación y Observación	Método de Conductancia Incremental	Algoritmo de Simulación Heurístico	Algoritmo de Simulación Modificado "Plant Growth"	Algoritmo de Simulación "Harmony Search"	Factor de Sensibilidad	Algoritmo de búsqueda backtracking	Método Pareto - Fuzzy	Mejora de Estabilidad - Eficiencia - Rendimiento	Optimización de la Red	Máximo Aprovechamiento de Energía	Algoritmo IC
27	2019	A Modified Incremental Conductance Based Photovoltaic MPPT Charge Controller	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
28	2016	Stateflow based incremental conductance MPPT of a photovoltaic system using Z - Source DC - DC converter	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
29	2015	Modeling and Simulation of Incremental Conductance Maximun Power Point Tracking	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
30	2021	A transformer less quadratic boost DC-DC converter with continuous input current and a few number of components, based on classical boost and cuk converter suitable for renewable applications	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
31	2021	Design and Comparative Study of DC-DC Quadratic Buck-Boost Converter and Cascaded Buck-Boost Converter	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
32	2017	Design and comparison of quadratic boost and double cascade boost converters with boost converter	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
33	2016	Extended boost three phase matrix converter using switched capacitor topology having buck boost ability	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
34	2016	Full-Range Soft-Switching-Isolated Buck-Boost	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
35	2021	Lispace Analysis of Double-Inductor Quadratic Boost Converter in Comparison with Quadratic Boost and Double Cascaded Boost Converter	3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

**DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE MÁXIMA POTENCIA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS MEDIANTE EL USO DEL ALGORITMO DE CONDUCTANCIA INCREMENTAL**

ITEM	DATOS		TEMÁTICA					FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA							SOLUCIÓN PROPUESTA									
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	CITAS	Sistemas Fotovoltaicos	Seguimiento del Punto de Máxima Potencia	Conductancia Incremental	Convertidor DC-DC Boost	Baterías	Autonomía de Sistemas Fotovoltaicos	Minimización de Pérdidas en la Red	Estabilidad del Índice de Potencia	Estabilidad del Índice de Tensión	Minimización de Cargabilidad de la Red	Nivel de Tensión	Topología del Sistema	Niveles de Potencia	Método de Tensión Fija	Método de Tensión Fraccionaria en Circuito	Método de Perturbación y Observación	Método de Conductancia Incremental	Algoritmo de Simulación Heurístico	Algoritmo de Simulación Modificado "Plant Growth"	Algoritmo de Simulación "Harmony Search"	Factor de Sensibilidad	Algoritmo de búsqueda backtracking	Método Pareto - Fuzzy	Mejora de Estabilidad - Eficiencia - Rendimiento	Optimización de la Red	Máximo Aprovechamiento de Energía	Algoritmo IC	
36	2022	A Review of Battery Management System and Modern State Estimation Approaches in Lithiumion Batteries for Electric Vehicle	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
37	2022	Recent progress and future trends on the state of charge estimation methods to improve battery-storage efficiency: A review	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
38	1998	Coulombic efficiency of a sealed, thin plate, spiral lead-acid battery	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
39	2011	Influence of practical complications on energy efficiency of the vehicle's lithium-ion batteries	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
40	2021	Bus battery equalization with nonlinear energy efficiency and time efficiency	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>CANTIDAD:</b>				13	17	22	21	19	7	27	5	3	11	12	6	24	13	5	14	7	2	5	2	3	1	7	17	18	8	21	

## 6.2 Resumen de Indicadores

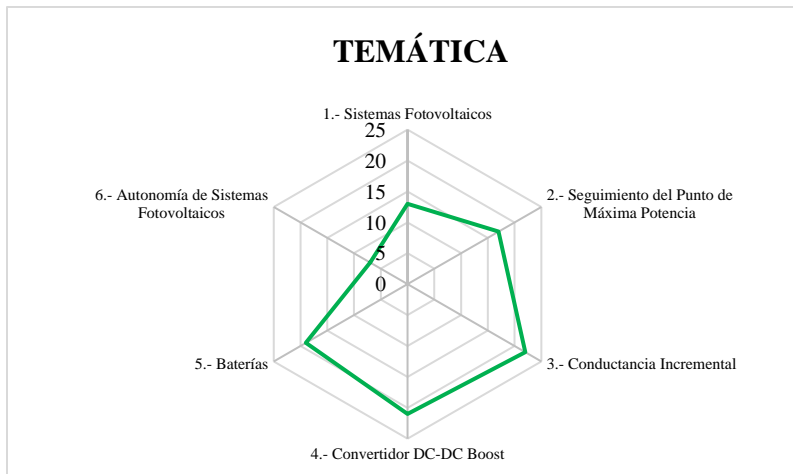


Figura 26. Resumen e indicador de la temática - Estado del arte.

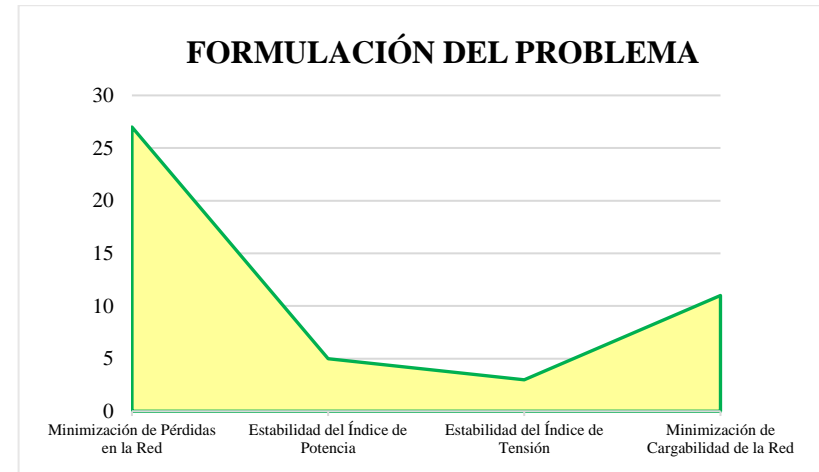


Figura 27. Indicador de formulación del problema - Estado del arte.

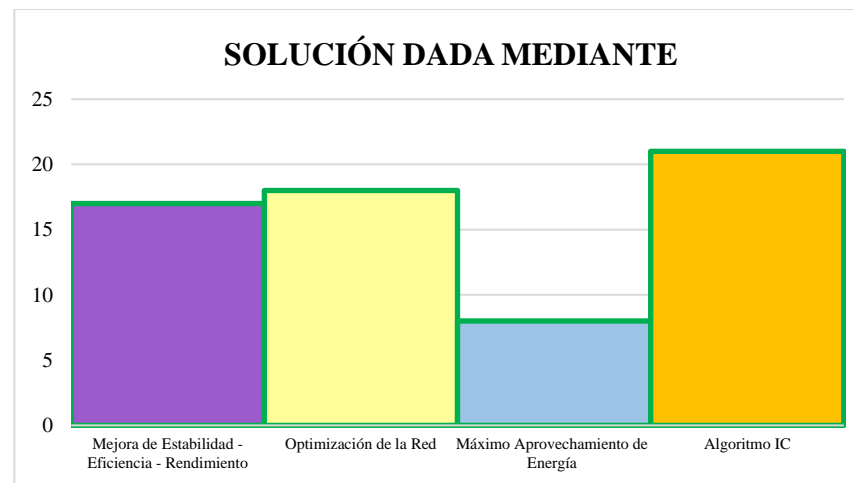


Figura 28. Indicador de solución - Estado del arte.