

AJUSTE DE LA BASE DE CONOCIMIENTO DE REGULADORES DE CARGA DIFUSOS Y COMPARACIÓN DE SU RESPUESTA CON UN SISTEMAS DE REGULACIÓN CONVENCIONAL

Farfán Roberto Federico, Hoyos Daniel, Montero Marite

INENCO (Instituto de Energías No Convencionales) Av. Bolivia 5152 C.P 4400

<http://www.inenco.net> 03874255578, farfanf@inenco.net

CIUNSa (Consejo de investigación UNSa) Av. Bolivia 5152 C.P 4400 <http://www.unsa.edu.ar>

RESUMEN: El diseño de la lógica de control para un regulador de carga difuso, debe desarrollarse en base al conocimiento adquirido del sistema que se desea controlar. Una vez desarrollada la lógica, debe simularse ésta junto con los modelos computacionales de los elementos que componen el sistema fotovoltaico. El trabajo está orientado a estudiar estas simulaciones, que permiten indagar con más detalle en el comportamiento del regulador difuso dentro del sistema fotovoltaico, permitiendo monitorear la energía radiante con la que cuenta el sistema, la potencia que entregar el panel, la curva de carga de la batería y su estado de carga.

En las simulaciones que no se obtuvo una respuesta adecuada del regulador difuso, se utilizaron para identificar la zona donde debe realizarse las correcciones de la base de conocimiento, modificando el plano de control del sistema que contiene dos núcleos de inferencia [Farfán, 2009]. Por último, se plantea el estudio de un sistema de regulación convencional y se compara con el sistema desarrollado.

Palabras claves: Fotovoltaico, reguladores, baterías, lógica borrosa.

INTRODUCCIÓN

Realizar el ajuste del plano de control de un regulador de carga difuso, diseñado para trabajar inmerso en un sistema fotovoltaico, implica modificar la base de conocimiento de su estructura lógica. Una vez desarrollado el control difuso, éste debe simularse junto al modelo del sistema que se desea controlar y así verificar su correcto funcionamiento. Por esta razón en el trabajo se describe el sistema fotovoltaico por medio de modelos computacionales.

Modelar un sistema fotovoltaico brinda mayor comprensión de su funcionamiento interno, permite desarrollar criterios sobre el sistema de control que gobierna la regulación de energía y evaluar el plano de control desarrollado para el regulador difuso. La respuesta de algunos elementos que componen el sistema fotovoltaico se encuentran en función de la Irradiancia solar, por ello en el trabajo se plantea un modelo que nos permita estimar la cantidad de energía que puede llegar a un panel solar. El planteo de un modelo de batería permite estudiar su comportamiento en función de la energía que inyecta los paneles dentro del sistema y teniendo en cuenta la variación de las distintas magnitudes involucradas, en los procesos de carga y descarga.

En la Base de Conocimiento del regulador difuso se implementan dos núcleos de inferencia (Farfán, 2009) y el conocimiento se armo en base a la información que se obtuvo del modelo de celda electroquímica de Copetti (Copetti, 1993). Utilizar dos núcleos de inferencia permite dividir el conjunto de reglas del sistema de control en dos matices. La simulación del regulador de carga difuso junto al modelo del sistema fotovoltaico nos permite evaluar las regiones donde la base de conocimiento no responde de manera adecuada al realizar la regulación de energía. Las fallas se remedian modificando una de las matrices que gobiernan los núcleos de inferencia. La respuesta del modelo de regulador de carga difuso desarrollado y ajustado, cobra más relevancia si se compara su comportamiento con el comportamiento de un regulador de carga convencional.

MODELO DE IRRADIANCIA, PANEL Y BATERÍAS

Para estimar la energía que entregan los paneles fotovoltaicos, se necesita realizar la predicción de las diferentes componentes de radiación que inciden sobre una superficie receptora. Es por ello que en el trabajo se realiza un cálculo aproximado de la energía radiante por medio del método de Hottel, realizado 1976 (Daffie, 1991). Este método permite estimar la Irradiancia Directa transmitida a través de atmósferas claras, teniendo en cuenta el ángulo del Sol y la altura del lugar para cuatro tipos de climas. La Irradiancia se encuentra en función del cálculo de la transmitancia atmosférica τ_b .

$$\tau_b = a_0 + a_1 e^{-k \cos^2 \theta_{ZS}} \quad (1)$$

La transmitancia atmosférica da la proporción del haz, que incide normal al plano horizontal del lugar y llega a la superficie terrestre. Para determinar la posición del Sol en la bóveda celeste se calcula el ángulo cenital θ_{ZS} , que es el ángulo formado por el vector sol-tierra con el eje z del sistema de referencia. En la ecuación de transmitancia encontramos tres constantes que son válidas para atmósferas con visibilidad de 23 Km, a_0 , a_1 y k . Por medio de la

transmitancia se estima, la Irradiancia directa del cielo claro normal al haz y la Irradiancia Directa de cielo claro para un plano inclinado (Daffie, 1991).

Para la componente difusa se utilizó un modelo anisotrópico, que divide la Irradiancia en tres componentes, difusa isotrópica de fondo, difusa circumsolar y difusa de horizonte. La Irradiancia difusa en este modelo depende de dos factores, del índice de anisotropía A y el factor de modulación f. El índice de anisotropía define la fracción circumsolar y el índice de modulación define la fracción de fondo. Para este cálculo se utilizó un coeficiente de transmitancia atmosférica (τ_d) para Irradiancia difusa elaborado por Liu y Jordan en 1960. En la figura 1 se puede observar la simulación del modelo planteado.

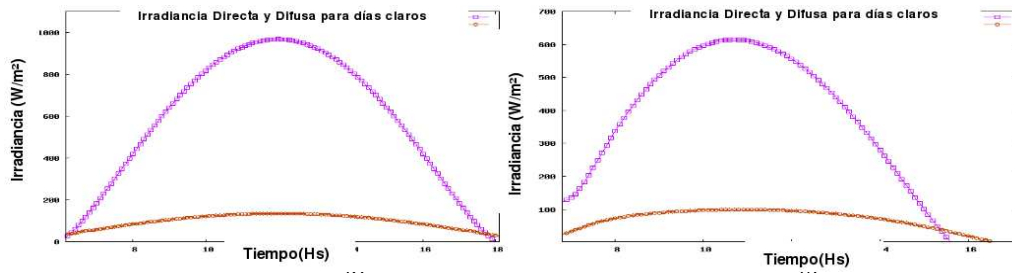


Figura 1. a) Curva de Irradiancia Directa y Difusa. b) Curva para $\beta = 24$, $\Psi = -90$, $\alpha = -24$ y $n = 180$

Este modelo sencillo estima los valores de Irradiancia directa y difusa con el que cuenta una instalación fotovoltaica, nos permite realizar simulaciones que se acercan más a la realidad y en particular, al trabajo de un regulador de carga.

Para simular un panel fotovoltaico necesitamos modelar una celda fotovoltaica. Por medio del modelo deben encontrarse los puntos que caracterizan su curva I-V. Esta curva se encuentra en función de la energía radiante, la temperatura de trabajo, características geométricas y eléctricas de la celda. En el trabajo se utilizó un modelo de celda que responde a la ecuación 2 y los puntos se obtuvieron por medio de un algoritmo de aproximaciones sucesivas (Murillo, 2003 y Montero, 2008).

$$I = I_L - I_0 \left[e^{\frac{V}{nK T}} - 1 \right] \frac{V + I R_S}{R_P} \quad (2)$$

El panel fotovoltaico está compuesto por un grupo de celdas en serie y paralelo. Generalmente éste conjunto de celdas no tienen las mismas características, sin embargo se puede recurrir a las siguientes simplificaciones: se considera que todas las celdas son idénticas, están iluminadas de la misma forma y trabajan a la misma temperatura, de forma que pueden calcularse la corriente y la tensión del conjunto de manera sencilla (Murillo, 2003).

En la simulación de la figura 2a se observa la variación de la curva I-V por asociar 1, 10 y 36 celdas en serie con un área de 98 cm², una resistencia serie de 0.0002 Ω , una resistencia paralelo de 300 Ω , le incide una Irradiancia de 900 W/m² y trabajan a una temperatura ambiente de 10°C.

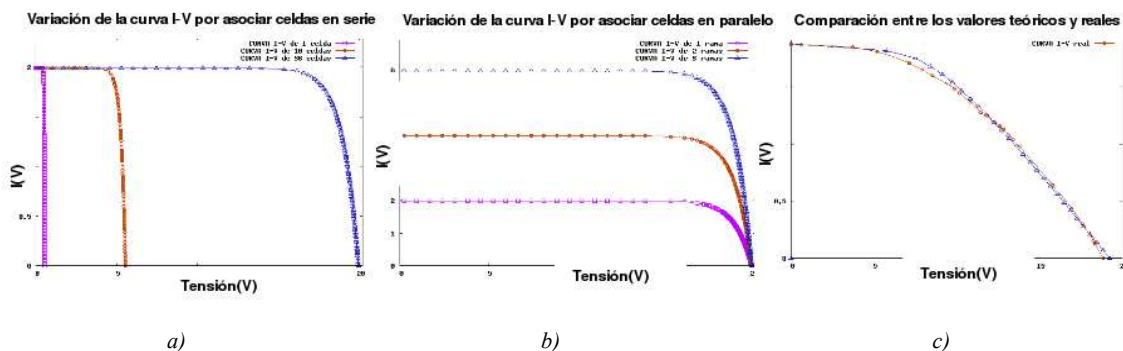


Figura 2. Variación de la curva I-V por asociar celdas. a) En Serie b) En Paralelo. c) Valores teóricos y reales.

La conexión en paralelo de las distintas ramas de celdas conectadas en serie, nos permite aumentar la corriente neta que entrega el panel, produciendo un aumento significativo de la potencia que éste puede entregar al sistema. En la simulación de la figura 2b se observa la variación de la curva I-V por asociar 1, 2 y 3 ramas compuesta de 36 celdas en serie, que trabajan bajo las condiciones descripta anteriormente. El modelo teórico de panel se validó con medidas reales de paneles fotovoltaicos, comparando la curva de módulos degradados que trabajaron en distintas instalaciones con su curva teórica que responde al modelo planteado, como muestra la figura 2c. Se analizaron los paneles fotovoltaico de la marca SOLARWATT de 45 W que esta formado por de 36 celdas cuadradas de Si monocristalina conectadas en serie, validando el modelo planteado. (Murillo, 2003 y Montero, 2008)

Las baterías de plomo ácido se representaron por medio del modelo de celda electroquímica propuesto por J.B.Copetti en 1993. Este modelo considera el comportamiento de la batería como una secuencia de estados permanentes, tomando

corrientes y temperaturas constantes, y no tiene en cuenta el comportamiento dinámico que las baterías tienen en el sistema fotovoltaico (Lorenzo, 1994). Por este motivo, Daniel Murillo en 2003 amplió el modelo incorporando una variable denominada LOE, de forma que el comportamiento de las baterías simuladas se asemeje al de las baterías que trabajan en un sistema fotovoltaico (Murillo, 2003).

En el modelo de batería se considera que todas las celdas electroquímicas son iguales, conteniendo todas ellas las mismas características físicas (los mismos parámetros constitutivos). En la figura 3a se observa una asociación de celdas electroquímicas en serie y en esta configuración la corriente que circula en el conjunto de celdas, ya sea en la carga o la descarga, es la misma. La ventaja de la configuración serie se encuentra en el aumento de la diferencia de potencial del conjunto y este aumento se puede observar en la simulación.

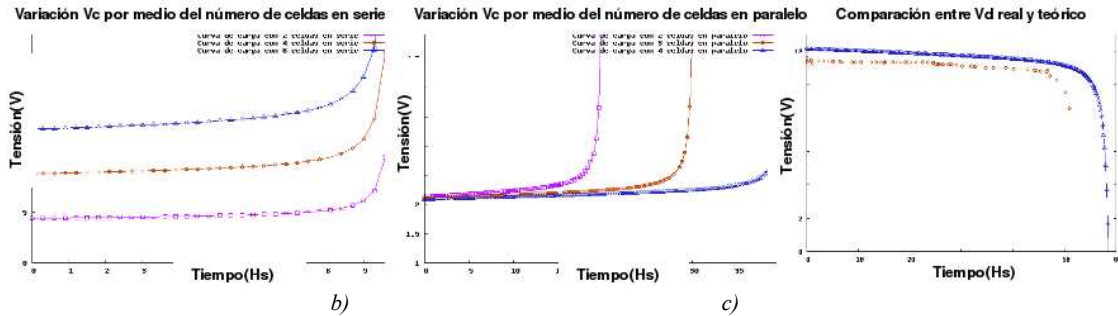


Figura 3. Variación de la curva de carga por asociar celdas. a) En Serie b) En Paralelo. c) Valores teóricos y reales.

La conexión en paralelo de las distintas ramas de celdas electroquímicas conectadas en serie, nos permite aumentar la corriente neta que entrega el conjunto. De acuerdo a la idealización de nuestro problema, esta conexión permite el aumento de la corriente neta que entrega la batería y permite el aumento de la capacidad. El modelo teórico de batería propuesto se valida con medidas reales, como se observa en la curva de descarga realizada a una batería de plomo ácido estacionaria de la marca AUTOBAT de 12V 100 Ah, como muestra la figura 3c. El modelo de la batería es 5-BTX-120. Una vez que se desarrolla y valida el modelo de Irradiancia, Panel y Batería, se procede a simular el modelo de regulador difuso junto a los modelos desarrollados para estudiar su comportamiento.

REGULADOR DIFUSO DENTRO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Las siguientes simulaciones estudian la respuesta de los reguladores de carga difuso. El algoritmo difuso se diseñó en base a un conjunto de gráficas como las que se muestran en la figura 3, obtenidas de la información que generaron las distintas simulaciones del modelo de baterías (Farfán, 2009). Estas esquematizan los estados críticos del proceso de carga y en función de estos valores, se determinó los momentos de regulación y se armó el conjunto de reglas, como muestra la figura 4a (Sanz, 1997).

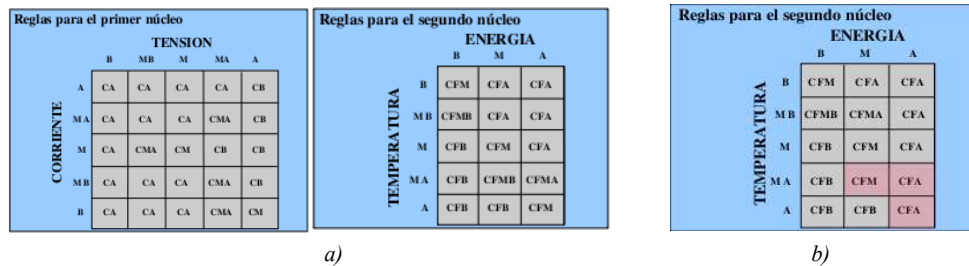


Figura 4. a) Base de Reglas Inicial. b) Reglas modificadas.

Las siguientes simulaciones evalúan la acción reguladora de este control difuso en una instalación fotovoltaica que contiene, siete paneles de 45 W conectado a una batería de 100 Ah, con una curva de Irradiancia como la que se muestra en la figura 1a. La primera simulación se observa en la figura 5, la batería se encuentra a una temperatura de 5°C y completamente descargada. La información de las gráficas indican, que la corriente que ingreso a la batería por medio de la regulación de energía impuesta por regulador difuso, permite que el estado de carga se incremente hasta llegar a 0,85, lo que implica que la batería se cargo un 85% de su capacidad neta. El nivel de carga alcanzado es elevado y se observa que la batería no puede asimilar más carga que ésta. Esto podemos afirmarlo por que en el momento que la tensión de la batería se acerca a la tensión de gaseo, la regulación de corriente que impone el sistema difuso permite que la intersección de ambas curvas sea leve, produciendo un gaseo pequeño. En esta simulación el rendimiento faradico permaneció en uno, por lo tanto, toda la energía que ingreso se asimilo como carga.

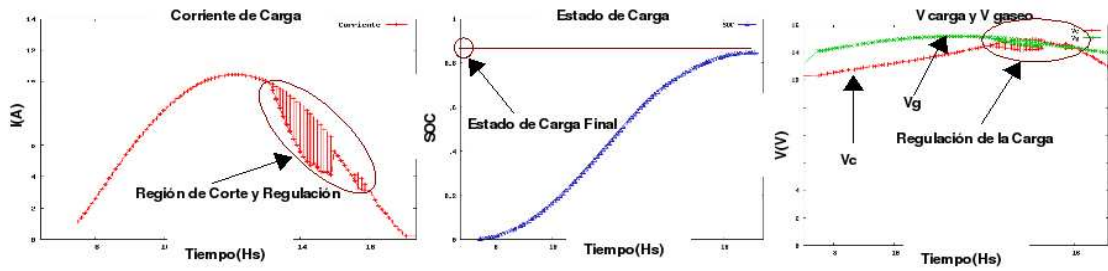


Figura 5. Simulación. Carga de una batería de 100Ah, $T=5^{\circ}\text{C}$, $\text{SOC}=0$ y con un regulador de carga difuso.

La segunda simulación se observa en la figura 6, ésta representa la carga de una batería que se encuentra a una temperatura de 28°C y completamente descargada. La información que las gráficas muestran indican que la corriente que ingreso a la batería por medio de la regulación de energía, logro un estado de carga final de 0,72, lo que implica que la batería se cargo un 72% de su capacidad neta. El nivel de carga alcanzado es elevado y se observa que la batería no puede a simular mucha más carga que ésta. Esto se debe a que en el momento que la tensión de la batería se acerca a la tensión de gaseo, la regulación de corriente por medio del sistema difuso no permite la intersección de las ambas curvas. El rendimiento faradico permaneció en uno durante el tiempo de inyección de energía.

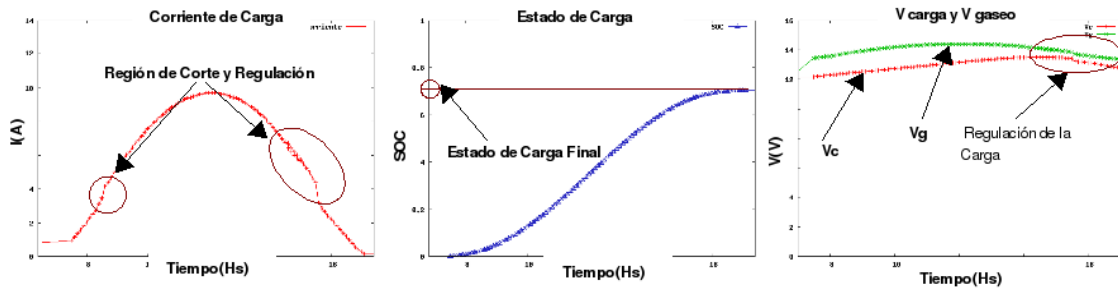


Figura 6. Simulación. Carga de una batería de 100Ah, $T=28^{\circ}\text{C}$, $\text{SOC}=0$ y con un regulador de carga difuso.

La tercera simulación se observa en la figura 7, para una batería que se encuentra a una temperatura de 45°C y completamente descargada. La información que las gráficas muestran indican que la corriente que ingreso a la batería por medio de la regulación de energía logro un estado de carga final igual a 0,19, lo que implica que la batería se cargo un 19% de su capacidad neta. El nivel de carga alcanzado es demasiado bajo, se observa que la batería puede asimilar toda la corriente que ingreso a ella como carga y esto se debe al exceso de regulación que produjo el sistema difuso.



Figura 7. Simulación. Carga de una batería de 100Ah, $T=45^{\circ}\text{C}$, $\text{SOC}=0$ y con un regulador de carga difuso.

Las simulaciones muestran que la lógica utilizada para el diseño del regulador de carga difuso, funciona adecuadamente en las bajas y medias temperaturas, sin embargo se encontró dificultad en la carga de la batería a temperaturas altas. Las fallas se deben a que el algoritmo difuso se desarrolló inicialmente en base a un conjunto de curvas que mostraban el comportamiento de la batería, sin embargo no se simuló su respuesta con el modelo del sistema fotovoltaico. Por medio de estas simulaciones, se identificó la zona de falla de la regulación (temperaturas elevadas), por lo tanto debe modificarse la base de conocimiento relacionada a esta zona.

MEJORAS EN LA BASE DE REGLAS DEL REGULADOR BORROSO

Los cambios de la base de conocimiento se realizaron al modificar las reglas. Esto se consigue cambiando el conjunto difuso de salida en la zona donde encontramos el problema de regulación. Las modificaciones se realizaron en la base de regla del segundo núcleo, debido a que en esta se encuentra la corrección por variación de temperatura (Farfán, 2009). En la figura 4b se observa los cambios realizados en el conjunto de reglas. Los cuadros con color rojizo señalan las reglas que se cambiaron para mejorar la respuesta del regulador difuso. Se observa que los cambios se encuentran relacionados a las temperaturas altas y la mejora en la respuesta de la lógica de control del regulador se observa en los estados de carga finales de las siguientes simulaciones.

En la figura 8 se observa la información que entrega la simulación de la carga de una batería de 100 Ah por medio de siete paneles de 45W a una temperatura de 45°C, completamente descargada. La corriente que ingresa a la batería por medio de la regulación de energía permite que el estado de carga se incremente hasta los 0,72, lo que implica que la batería se cargo un 72% de su capacidad neta. Esta simulación muestra que los cambios en la base de conocimiento del regulador difuso fueron los adecuados y se observa que la batería no tan solo llega a cargarse, si no que su nivel de carga es óptimo ya que el corte producido concuerda con la tensión de gaseo.

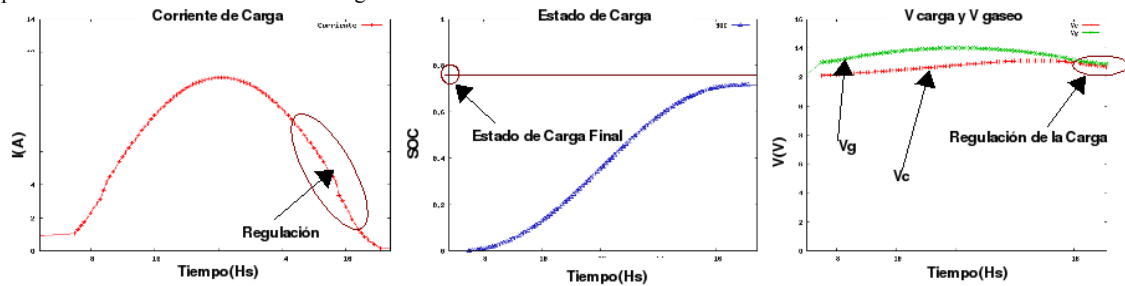


Figura 8. Simulación. Carga de una batería de 100Ah, $T=45^{\circ}\text{C}$, $\text{SOC}=0$ y con un regulador difuso.

En la figura 9 se observa la simulación que representa la carga de una batería que se encuentra a una temperatura de 28°C y su estado de carga inicial es de 0,4. La información que la simulación entrega, indican que la corriente que ingreso a la batería por medio del control difuso permite un estado de carga final de 0,9, lo que implica que la batería se cargo un 90%. El nivel de carga alcanzado es elevado y óptimo.

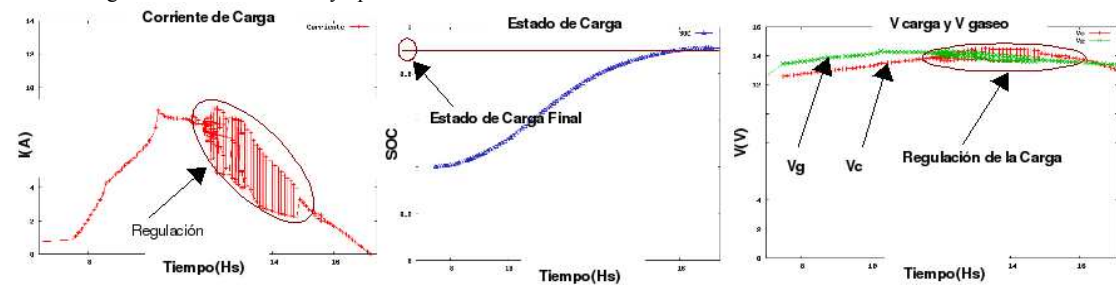


Figura 9. Simulación. Carga de una batería de 100Ah, $T=28^{\circ}\text{C}$, $\text{SOC}=0,4$ y con un regulador difuso.

COMPARACIÓN DE LOS PLANOS DE CONTROL

En las simulaciones que se plantearon se observa como mejoro la regulación de energía del sistema difuso al cambiar los conjuntos difusos de salida en el conjunto de reglas que se plantearon inicialmente. Sin embargo, deben compararse los planos de control de las lógicas desarrolladas para llegar a comprender las mejoras observadas. Los dos sistemas difusos se simularon y se compararon sus planos de control como muestra la figura 10.

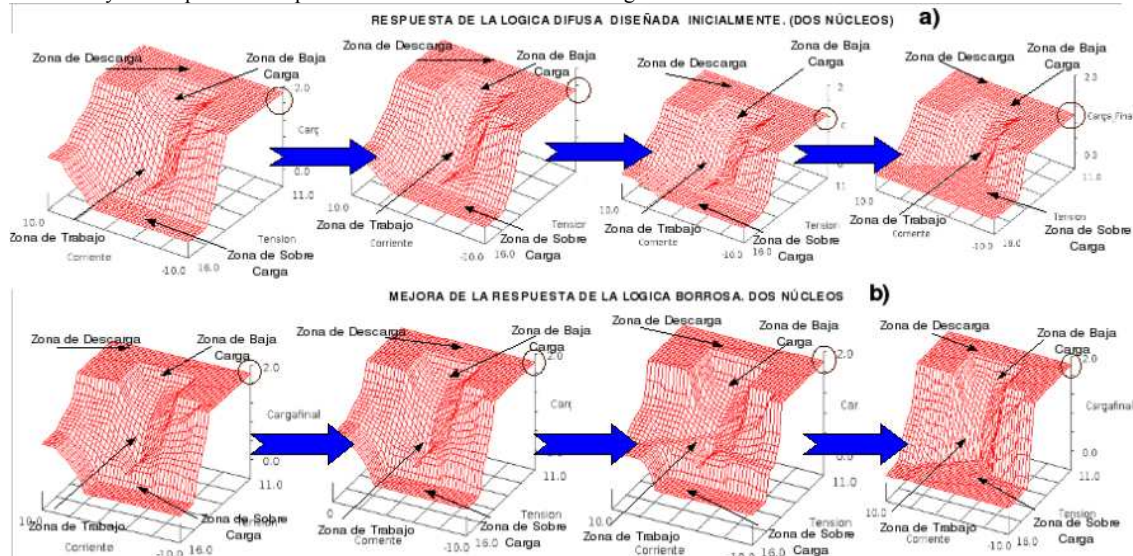


Figura 10. a) Plano de control inicial. b) Plano de control modificado.

Si analizamos la primera respuesta correspondiente a la lógica difusa desarrollada inicialmente, se observa como cambia el plano de control a medida que la temperatura aumenta. La comparación se realiza partiendo de una temperatura de 28°C hasta una temperatura de 50°C, indicando el aumento de esta magnitud por medio de las flechas azules. Se observa en la figura 10a

un círculo en la Zona de Descarga, este indica una disminución de la señal a medida que aumenta la temperatura, provocando la disminución de corriente que ingresa a la batería. Este comportamiento del plano de control lleva a que la batería se encuentre descargada al finalizar las horas de sol. Inicialmente se encaro el problema para que tenga este comportamiento, debido a que la Tensión Gaseo de una batería disminuye a medida que la temperatura crece y se esperaba controlar éste efecto disminuyendo la corriente de entrada por medio de la disminución de la señal de salida del sistema difuso, modificando la tensión de corte del regulador de carga y provocando una regulación más intensa. Sin embargo, se observa que este diseño no es el adecuado debido al bajo estado de Carga Final que se obtuvo en la simulaciones.

En la figura 10b se esquematiza la respuesta del sistema difuso mejorado y se observa un círculo en la Zona de Descarga, indicando que la señal de regulación de corriente a medida que aumenta la temperatura, se mantiene constante en esta región de tensión baja. Por lo tanto, si la temperatura donde se encuentra la batería es elevada y su estado de carga es muy bajo, el regulador impone una carga elevada, disminuyendo la misma a medida que ésta comience a cargarse. En la gráfica se observa este comportamiento a medida que la carga de una batería crece, la Zona de Sobrecarga comienza hacerse más amplia, modificando la tensión de corte.

REGULADOR CONVENCIONAL DENTRO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Por medio de la siguientes simulaciones se plantea el estudio de la respuesta de los reguladores de carga convencionales que utilizan una tensión de 13,2V para cortar la carga de una batería. La simulaciones se realizan para una instalación que contiene siete paneles fotovoltaicos de 45 W y se conectan a una batería de 100 Ah, la curva de Irradiancia de la figura 1a.

La primera simulación se observa en la figura 11 y ésta representa la carga de ésta batería a una temperatura de 5°C, completamente descargada. Se observa que la corriente que ingreso a la batería por medio de la regulación permite que el estado de carga se incrementara solamente a 0,3, lo que implica que la batería se cargo un 30% de su capacidad neta. El bajo nivel de carga alcanzado se debe a que la corriente inyectada por los paneles produce una regulación de carga cerca de las 10hs. Al terminar dicha regulación, el estado de carga comienza a crecer de forma mas rápida, debido a que la corriente que ingresa en la batería en esas horas de sol no es elevada, provocando una disminución del voltaje debido a la resistencia interna y por lo tanto un voltaje neto de bornes menor a los 13,2V.

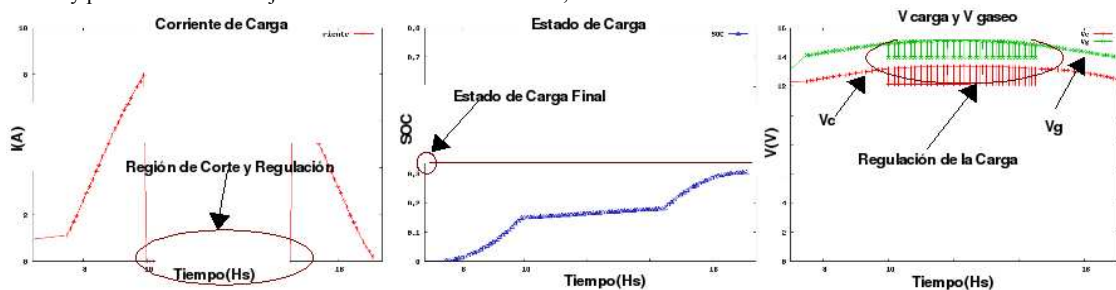


Figura 11. Simulación. Carga de una batería de 100Ah, $T=5^{\circ}\text{C}$, $\text{SOC}=0$ y con un regulador de carga convencional.

La segunda simulación que se observa en la figura 12, ésta representa la carga de una batería de 100Ah que se encuentra a una temperatura de 28°C y completamente descargada. La corriente que el regulador de carga permite que ingrese a la batería durante las horas de sol, logro que el estado de carga se incremente hasta 0,55, lo que implica que la batería se cargo un 55% de su capacidad neta. En la simulación se observa que la tensión de la batería tardo más tiempo en llegar a la tensión de corte, debido a que el incremento de temperatura produce la dilatación del agua perteneciente al electrolito, disminuyendo su concentración y el valor de la tensión de bornes (Lorenzo, 1994).

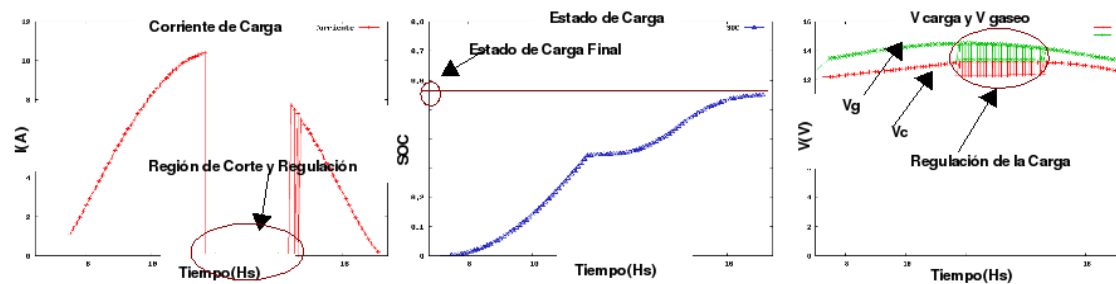


Figura 12. Simulación. Carga de una batería de 100Ah, $T=28^{\circ}\text{C}$, $\text{SOC}=0$ y con un regulador de carga convencional.

La figura 13 representa la carga de una batería de 100Ah a una temperatura de 45°C y completamente descargada. El estado de carga se incrementa hasta 0,72, lo que implica que la batería se cargo un 72% de su capacidad neta. La información que se obtiene de la simulación indica que se perdieron menos horas de Irradiancia y que la tensión de carga logra acercarse más a la zona de gaseo al finalizar las horas de sol.

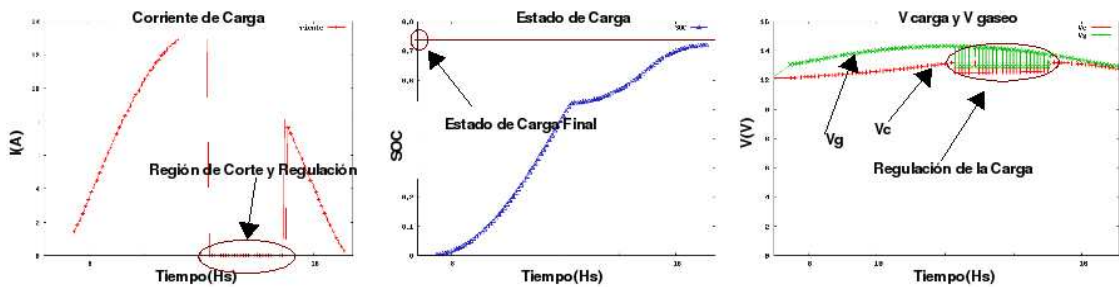


Figura 13. Simulación. Carga de una batería de 100Ah, $T=45^{\circ}\text{C}$, $\text{SOC}=0$ y con un regulador de carga convencional.

Las simulaciones muestran que a medida que se eleva la temperatura de la batería, el estado de carga creció asimilando toda la corriente como carga. Sin embargo esto ocurre solo cuando tenemos que el estado de carga es nulo, condición que no se encuentra habitualmente en un sistema fotovoltaico, por lo tanto debemos indagar en el comportamiento de la batería cuando se le inyecta una carga y SOC es distinto de cero.

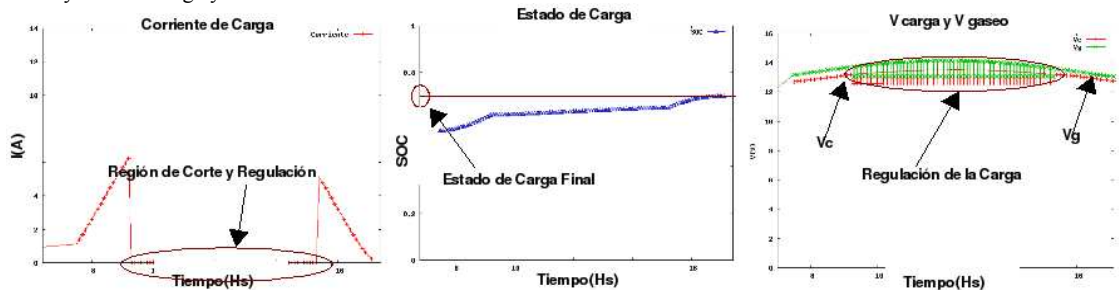


Figura 14. Simulación. Carga de una batería de 100Ah, $T=40^{\circ}\text{C}$, $\text{SOC}=0,55$ y con un regulador de carga convencional.

En la figura 14 se observa la simulación de la carga de una batería 100Ah que se encuentra a una temperatura de 40°C , encontrándose su estado de carga inicial en 0,55, 55% de su capacidad nominal. Las gráficas muestran que la corriente que el regulador permite que ingrese a la batería durante las horas de sol incrementa el estado de carga hasta 0,69, lo que implica que la batería se cargó un 69% de su capacidad neta.

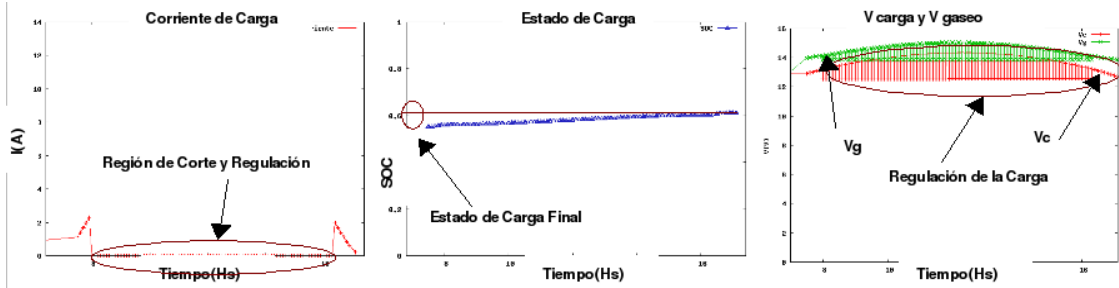


Figura 15. Simulación. Carga de una batería de 100Ah, $T=10^{\circ}\text{C}$, $\text{SOC}=0,6$ y con un regulador de carga convencional.

Se observa que este regulador solo trata de mantener la carga de una batería, produciendo solo un incremento del 14% de su capacidad energética. Esta situación puede considerarse de poca gravedad, si tenemos en cuenta que las temperaturas elevadas provocan una disminución de la tensión de gaseo. Sin embargo, se observa que a temperaturas menores, el tiempo que tarda en llegar la tensión de la batería a la tensión de corte es menor, produciéndose un incremento del estado de carga inferior al 14%, como indica la simulación de la figura 15. Evaluaciones de éstos tipos de reguladores de carga indican que es muy pobre la acción reguladora, ya que en las distintas instalaciones que se usaron, las baterías se cargaron entre un 50 y un 60% de su capacidad máxima y en muchas de ellas se encontraron que las placas de las baterías estaban sulfatadas. Las simulaciones realizadas nos acercan a la respuesta de la batería dentro del sistema fotovoltaico y muestran que en los procesos de carga, la corriente entrante no permite alcanzar un buen estado de carga. Los resultados obtenidos en las distintas simulación confirman los resultados obtenidos en el estudio de este tipo de reguladores de carga (Gasquet, 2007).

CONCLUSIÓN

El trabajo permite profundizar y comprender más como actúan los sistemas basados en conocimiento dentro de un sistema fotovoltaico. Las distintas simulaciones ayudaron a mejorar la respuesta de un regulador difuso, desarrollado en función de un modelo de batería. Se estudio el plano de control, se observó la falencia del mismo y se modificó la base de conocimiento

para optimizar su respuesta. Comparando las respuesta que entregaron las simulaciones de los sistemas difusos y los sistema de regulación convencional, se observa:

Para una Temp=5°C, SOC=0, la carga de una batería utilizando un Regulador Convencional llego a un 30% de la capacidad neta, mientras que el Regulador Difuso llego a un 83%, implica que el regulador difuso mejoró la carga un 53% con respecto al convencional.

Para una Temp=28°C, SOC=0, la carga de una batería por medio de un Regulador Convencional llego a un 55% de la capacidad neta, mientras que el Regulador Difuso llego a un 66%, implica que el regulador difuso mejoró la carga un 11% con respecto al convencional.

Para una Temp=40°C, SOC= 0,55, el Regulador Convencional en la carga incremento un 68%, produciendo un aumento del 13%. Mientras que el Regulador Difuso incremento un 90%, produciendo un aumento del 35%.

Se observa que el regulador difuso desarrollado tiene un mejor rendimiento, la regulación en la carga es más eficiente y logra un mejor aprovechamiento del recurso solar.

REFERENCIAS

- Del Carmen Alonso García (2000), Fundamentos Dimensionado y Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica.
- Eduardo Lorenzo, 1994, Electricidad Solar, Ingeniería de los sistemas fotovoltaicos.
- Escolano Ruiz F., Miguel Angel Cazoria Quevedo (2003), Inteligencia Artificial, Thompson.
- Murillo Daniel (2003), Modelado y Análisis de sistemas fotovoltaicos, Universitat Politècnica de Catalunya.
- Copetti JB, Chenlo F, Lorenzo E.(1993) A general battery model for PV system simulation. Progress in Photovoltaics: Research and Applications; 1: 283–292.
- FLEB son las siglas de Fuzzy Logic EBook (2001), Libro Electrónico sobre Lógica Difusa.
- B. Martín del Brío, A Sanz Moina (1997). “ Redes Neuronales y Sistemas Borrosos“.
- Duffie J. A. y Beckman W. A. (1991). Solar Engineering of Thermal Processes, 2a edición Wiley Interscience,
- Ing. Hector L. Gasquet, 2004, Conversion de la Luz Solar en Energía Eléctrica. Manual Teórico y Práctico sobre los Sistemas Fotovoltaicos , Solartronic.
- Ing. Héctor L. Gasquet, 2007, Manual De Energia Solar El Paso Solar Energy Association, Austin Texas.
- Roberto Federico Farfán, 2009, Comportamiento del Plano de Control de eguladores de carga difusos para sistemas fotovoltaico implementando uno y dos núcleos de inferencia, AVERMA.
- Montero, María T; Cadena, Carlos; Farfán, Roberto F, 2008, Caracterización de la degradación de los parámetros de módulos fotovoltaicos cristalinos expuestos, ERMA.

ABSTRACT: The design of the control logic for a diffuse charge regulator, should be developed based on knowledge acquired from the system to be checked. After the development of logic, it should be simulated with computer models of the components of the PV system. The work is aimed at studying these simulations, which allow further investigate the behavior of fuzzy controller in the PV system, allowing monitoring the radiant energy with which the system has the power to give the panel, the load curve battery and battery charging status.

In the simulations that was not provided an adequate response regulator diffuse, were used to identify the area where the corrections should be made of the knowledge base, modifying the control plane of the system containing two nuclei of inference [Farfán, 2009]. Finally, there is the study of a conventional control system and compared with the developed system.

Keywords: Photovoltaic, regulators, batteries, fuzzy logic.