

Sistema de carga de celulares y laptops mediante paneles fotovoltaicos

Árbol Solar

Luis Eduardo Tipanluisa Sarchi
Facultad de Ingeniería Mecánica
Universidad Internacional SEK
Quito, Ecuador
luis.tipanluisa@uisek.edu.ec

Christian Leandro Vergara Rivera
Facultad de Ingeniería Mecánica
Universidad Internacional SEK
Quito, Ecuador
crisver_3108@hotmail.com

Santiago Fernando Celi Ortega
Facultad de Ingeniería Mecánica
Universidad Internacional SEK
Quito, Ecuador
santiago.celi@uisek.edu.ec

Abel Polivio Remache Coyago
Facultad de Ingeniería Mecánica
Universidad Internacional SEK
Quito, Ecuador
abel.remache@uisek.edu.ec

Resumen - El presente proyecto describe el diseño y construcción de un sistema de carga mediante paneles fotovoltaicos, el objetivo es impulsar las aplicaciones de la energía solar fotovoltaica la cual puede ser empleada en zonas rurales donde no exista suministro eléctrico. El sistema de carga funciona con la captación de la radiación solar por medio de los paneles solares, donde es convertida en energía eléctrica de corriente directa por las celdas solares, esta energía es conducida por medio de cables instalados en los tres paneles hasta un controlador de carga con la función de enviar toda o parte de esta energía hasta un acumulador en donde es almacenada, cuidando que no se excedan los límites de carga y descarga, para luego ser enviada hacia un inversor de corriente donde es convertida a corriente alterna.

Palabras claves - sistema de carga, paneles fotovoltaicos, energía solar, acumulador, inversor.

Abstract - This project describes the design and construction of a charging system using photovoltaic panels, the goal is to boost the applications of photovoltaic solar energy which can be used in rural areas where there is no electricity supply. The charging system with the collection of solar radiation by means of solar panels, where it's converted into electrical energy of direct current by the solar cells, this energy is conducted through wires installed in three panels to a controller charged with the function of sending all or some of this energy to an accumulator where it is stored, ensuring that the charge and discharge and unloading limits are not exceeded, before being sent to an inverter where it's converted to alternating current.

Keywords - charging system, photovoltaic panels, solar energy, battery, inverter.

I. INTRODUCCIÓN

El uso eficiente y el ahorro de la energía adquieren vigencia a partir de los problemas presentados por el cambio climático, el

cual ha llevado a tomar medidas en lo que respecta al uso de energías alternativas para detener el calentamiento global y así evitar consumir combustible fósil para generar energía eléctrica [1].

En el Ecuador el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable “promueve la adecuada y exitosa gestión de proyectos de electrificación rural con energía renovable no convencional, para lo cual se encuentra trabajando con varios actores del sector eléctrico, Organizaciones No Gubernamentales, entre otros, a fin de definir una estrategia que permita la consolidación de proyectos de energía renovable en zonas aisladas, a través de la sostenibilidad de dichos proyectos” [2].

Existen proyectos como el árbol solar LED de la empresa Chilena Tuboled basado en energía fotovoltaica que espera entregar energía a equipos como celulares, tabletas y notebooks en plazas públicas [3]. Otro proyecto es el desarrollado en el Ágora del Campus del Riu Sec de la Universitat Jaume I “España-Madrid” el segundo de los árboles solares que proveerán energía cien por cien renovable a estudiantes, personal y visitantes del Campus. [4].

“El recurso solar en el Ecuador al estar atravesado por la línea equinoccial tiene poca variabilidad en la posición del sol durante todo el año lo cual favorece la aplicación de la energía solar para producir electricidad y calor durante el día” [5].

La dirección de la radiación solar directa sobre una superficie de orientación arbitraria puede describirse mediante diferentes ángulos. Siguiendo la notación introducida por Duffie y Beckman estos ángulos son [6]:

Φ Latitud del lugar, esto es, la posición angular hacia el norte o hacia el sur del Ecuador. Φ Es positivo en el hemisferio norte (norte: $0^\circ < \Phi < 90^\circ$) y negativo en el hemisferio sur (sur: $-90^\circ < \Phi < 0^\circ$).

δ Declinación, esto es, la posición angular del sol al medio día con respecto al plano del Ecuador. Es positivo en el hemisferio norte varía entre -23.45° y $+23.45^\circ$.

β Inclinación de la superficie, esto es, el ángulo entre la superficie en consideración y la horizontal ($0^\circ < \beta < 180^\circ$). Cuando $\beta = 90^\circ$ se trata de una superficie vertical.

Γ Ángulo acimutal, esto es, la desviación de la proyección de la normal de la superficie del meridiano local ($-180^\circ < \Gamma < 180^\circ$). Cuando $\Gamma = 0^\circ$ se trata de una superficie en el hemisferio norte orientada hacia el sur. Γ Es positivo para superficies orientadas hacia el oeste y negativo para superficies orientadas hacia el oriente.

Γ_s Ángulo acimutal del Sol, esto es, la desviación de la proyección de la radiación directa del meridiano local. Las convenciones son igual que en el caso de Γ .

W Ángulo horario, esto es, el desplazamiento angular del sol hacia el este o el oeste del meridiano local, debido al movimiento de rotación de la tierra alrededor de su eje, $W < 0$ en la mañana y $W > 0$ en la tarde.

Θ Ángulo de incidencia, esto es, el ángulo de la radiación directa sobre la superficie y la normal a la superficie.

Θ_z Ángulo de cenit o sea el ángulo entre la radiación directa sobre la superficie horizontal y la normal de la superficie o cenit.

a Altitud del Sol o sea el ángulo formado entre la dirección del Sol y la horizontal. Por consiguiente: $a + \Theta_z = 90^\circ$.

En la figura 1 se observa la dirección de la radiación solar.

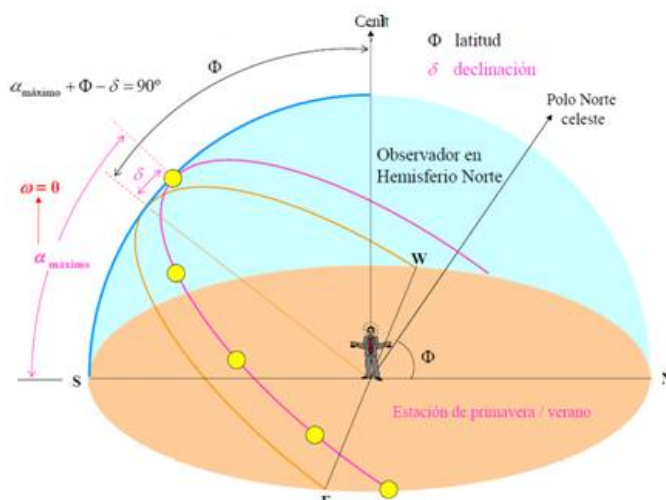


Fig. 1. Dirección de la radiación.

La dirección de la radiación solar directa que incide sobre una superficie de cualquier orientación con respecto a las coordenadas locales puede ser calculada mediante la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \cos(\theta) = & \text{Sen}(\delta)\text{Sen}(\phi)\text{Cos}(\beta) \\ & - \text{Sen}(\delta)\text{Cos}(\phi)\text{Sen}(\beta)\text{Cos}(\Gamma) \\ & + \text{Cos}(\delta)\text{Cos}(\phi)\text{Cos}(W)\text{Cos}(\beta) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & + \text{Cos}(\delta)\text{Sen}(\phi)\text{Sen}(\beta)\text{Cos}(\Gamma) \\ & + \text{Cos}(\delta)\text{Sen}(\beta)\text{Sen}(\Gamma)\text{Sen}(W) \end{aligned}$$

Donde:

W se calcula como:

$$W = 15^\circ (12 - H) \quad (2)$$

H Hora a la que se quiere calcular W .

La declinación se calcula con:

$$\delta = 23.45^\circ \text{Sen} \left[\frac{360^\circ (284 + n)}{365} \right] \quad (3)$$

Donde:

n Número de día del año $1 < n < 365$.

Para determinar el valor de n , se puede utilizar la Tabla 1 que se muestra a continuación.

TABLA I. VALORES PARA CONVERTIR EL DÍA DEL MES, EN EL NÚMERO DEL DÍA DEL AÑO.

Mes	"n" para el i-ésimo día del mes
Enero	1
Febrero	31+i
Marzo	59+i
Abril	90+i
Mayo	120+i
Junio	151+i
Julio	181+i
Agosto	212+i
Septiembre	243+i
Octubre	273+i
Noviembre	304+i
Diciembre	334+i

Θ_z puede calcularse mediante la ecuación 1, simplemente haciendo $\beta = 0^\circ$.

$$\cos(\theta_z) = \text{Sen}(\delta)\text{Sen}(\phi) + \text{Cos}(\delta)\text{Cos}(\phi)\text{Cos}(W) \quad (4)$$

Γ_s se calcula con la expresión:

$$\Gamma_s = \frac{\text{Cos}(\delta)\text{Sen}(W)}{\text{Sen}(\Theta_z)} \quad (5)$$

II. MÉTODO

El sistema fue diseñado para una carga de tres celulares y dos laptops con un uso máximo de dos horas. El desarrollo de este proyecto contempla, un dimensionamiento eléctrico, un diseño estructural y selección de componentes.

A. Dimensionamiento eléctrico

El dimensionamiento eléctrico se realiza de manera similar a una instalación solar fotovoltaica aislada, en la figura 2 se presenta el esquema eléctrico base del sistema de carga.

El consumo energético se establece mediante las potencias nominales de cada celular y laptop multiplicado por las dos horas de uso que se ha establecido el diseño.

Para la selección del cable eléctrico se realiza un análisis de la intensidad de corriente consumida en las diferentes etapas de

transformación de corriente continua a corriente alterna tomando en cuenta la sobrecarga en el sistema.

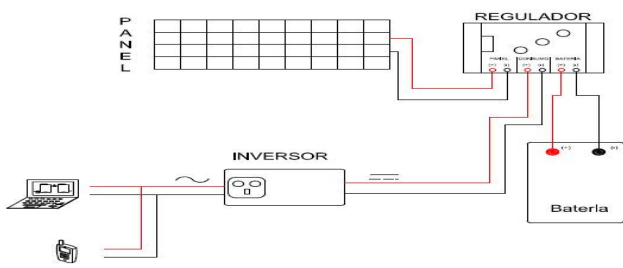


Fig. 2. Esquema eléctrico del sistema de carga.

B. Diseño estructural

El tipo de estructura se asemeja a un árbol debido a que el proyecto presenta una propuesta ecológica para la cual se considera la facilidad de la construcción, la disponibilidad del material, y las condiciones ambientales. El análisis de la estructura se realiza mediante el uso del software SAP según el diagrama de flujo que se muestra e la figura 3.

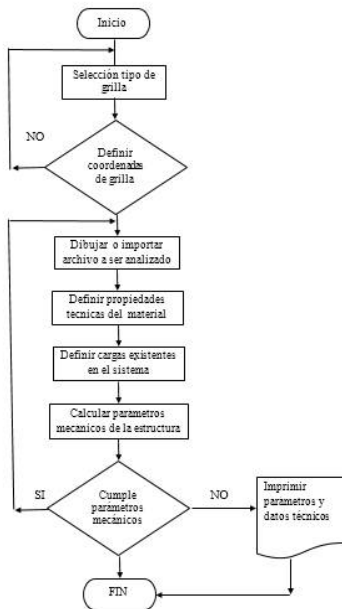


Fig. 3. Diagrama de flujo utilizado en la programación SAP 2000.

C. Selección de componentes

La selección de los componentes necesarios para satisfacer la demanda de energía eléctrica prevista en el sistema de carga son: paneles fotovoltaicos, inversor de carga, acumulador, regulador de carga.

Para garantizar la demanda de energía establecida y el diseño se ha seleccionado paneles de 50 W. El número de paneles fotovoltaicos se determina usando los datos proporcionados en las fichas técnicas del fabricante y la ecuación siguiente.

$$N = \frac{C_E}{E_P} \tag{6}$$

Donde:

N número de paneles; CE consumo eléctrico diario; EP energía total producida por un panel.

El inversor se selecciona por la intensidad de corriente que circulará en el sistema y el voltaje de circuito abierto proporcionado por los paneles conectados en paralelo.

La capacidad del acumulador se determina de acuerdo con la ecuación siguiente tomando en cuenta una autonomía de dos días del sistema y profundidad de descarga máxima del acumulador [7]

$$C_B = \frac{C_E * F_{SB}}{PD_{m\acute{a}x}} \tag{7}$$

Donde:

CB capacidad de la batería; FSB autonomía de la instalación; PDmáx; profundidad máxima de descarga de la batería.

El regulador o controlador se selecciona de acuerdo al voltaje y amperaje al cual está sometido el sistema.

III. RESULTADOS

A. Dimensionamiento eléctrico

En cuanto a la selección de cables, el inversor tiene un cable TLF número 12 AWG el cual soporta una corriente de hasta 45 A que viene de fábrica y en la etapa de corriente alterna un cable THHN número 12 AWG el cual soporta hasta 25 A.

B. Diseño estructural

La estructura tipo árbol tiene las siguientes características de tubería de acero galvanizado ASTM A53 de 0.1143 m de diámetro para la base principal y de 0.0889 m de diámetro para los ramales que soportan a los paneles fotovoltaicos, la altura del sistema es de 3 metros. En la figura 3 se presentan los niveles de deformación que presenta el sistema para una carga puntual de 15 kg por ramal.

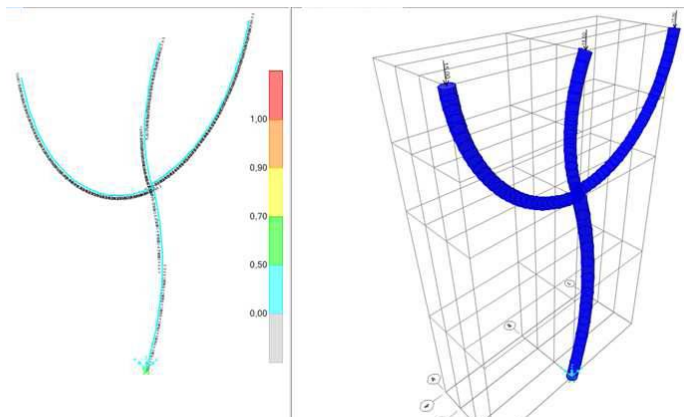


Fig. 4. Niveles de deformación de la estructura tipo árbol.

C. Selección de componentes

Se seleccionaron 3 paneles solares fotovoltaicos de silicio policristalino de 50 W cada uno. En la figura 5 se observa el panel fotovoltaico con base de apoyo que será ubicada en la estructura metálica del sistema de carga.



Fig. 5. Panel solar fotovoltaico TYN 50P6, 12 V.

Se seleccionó un inversor TRIPP LITE para tres paneles fotovoltaicos de 50 W conectados en paralelo con un valor de tensión de 120 V, una intensidad máxima admisible de 10 A DC, asegurando que la tensión de circuito abierto de 12 V DC y una corriente de cortocircuito de 8.94 A AC.

La capacidad de un acumulador que se necesita para dos días de autonomía, con una profundidad de descarga máxima del 60% y considerando un rendimiento del inversor del 85% es de 95.5 Ah para lo cual se ha seleccionado un acumulador RITAR de 12 V – 100 Ah.

El regulador o controlador se ha seleccionado de acuerdo al voltaje del sistema de 12 V DC y el amperaje 8.94 A correspondiente a los tres paneles del sistema.

D. Construcción y montaje

Para el sistema de carga tipo árbol se construyó la estructura metálica con la tubería antes indicada y una base de 0.45 m de alto, por 0.5 m de largo y 0.3 m de profundidad en la que se encuentra ubicados

Posteriormente se incorporan los componentes a la estructura, se realiza la cimentación, puesta a tierra e instalación eléctrica del sistema de carga de celulares y laptops.

La ubicación de la estructura tipo árbol solar se la realiza tomando en cuenta la trayectoria solar, los paneles fotovoltaicos tienen una inclinación de 20 ° por limpieza de los paneles y para aprovechar la perpendicularidad de los rayos solares de cuatro horas de sol al día, además se encuentran separados un metro desde su centro para evitar la proyección de sombras.

En la figura 6 se observa el proyecto de árbol solar para el sistema de carga de celulares y laptops ubicado en los parqueaderos de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la UISEK.



Fig. 6. Proyecto de árbol solar del sistema de carga de celulares y laptops.

IV. CONCLUSIONES

El sistema de carga tiene un diseño tipo árbol con tomas de puertos USB de 5 V para la carga de celulares y tomas de 120 V para la carga de laptops.

Con un acumulador de 100 Ah se consiguió la autonomía de dos días para una carga de 3 celulares y dos laptops con dos horas de uso cada uno.

La energía generada por cada panel solar es de 156 Wh considerando cuatro horas de sol pico se tiene un total de 468 Wh, para una demanda de energía 404.5 Wh, por lo tanto el sistema satisface la demanda de energía de la carga establecida.

REFERENCIAS

- [1] G. Dominguez, "Diseño de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en el COAEV 35 XALAPA," Tesis de Maestría, 2012. Recuperada de <https://www.Fcdigital.uv.mx>.
- [2] MEER, "Electrificación rural con energías renovables," 2013. Recuperado de <http://www.energia.gob.ec>.
- [3] EMOL, "Árbol solar LED capaz de cargar dispositivos electrónicos," 2014. Recuperado de <http://www.chiledesarrollosustentable.cl>.
- [4] A. Escrig & F. Tomás, "Diseño de árboles solares TREEELEC," 2012. Recuperado de <http://www.espaitec.uji.es/>.
- [5] B. Rojas & F. Rojas, "Diseño y construcción de un prototipo de colector solar parabólico giratorio de media temperatura," Tesis de grado. Recuperado de <http://www.ups.edu.ec>.
- [6] J. Duffie & W. Beckman, "Solar Energy Thermal Processes," 1980, p. 14-16.
- [7] V. Moro, Instalaciones solares fotovoltaicas, 1ª edición, Paraninfo, 2010.