

Sistema de riego inteligente por aspersión utilizando energía fotovoltaica en la Universidad Técnica de Cotopaxi

Smart sprinkling irrigation system, using photovoltaic energy at the Cotopaxi Technical University

Darwin Vinicio Paredes Moran¹ , Guido Gabriel Carrillo Velarde² , Alex Darwin Paredes Anchatipán² , Danilo Fabricio Trujillo Ronquillo² 

¹Instituto Superior Tecnológico Ciudad de Valencia, Los Ríos – Ecuador
²Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná, La Maná – Ecuador

Correo correspondencia: darwinparedes@itscv.edu.ec, guido.carrillo2303@utc.edu.ec, alex.paredes4935@utc.edu.ec, danilo.trujillo7320@utc.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
22/08/2019

Aceptado:
15/10/2019

Publicado:
15/11/2019

Revista:
DATEH

OPEN ACCESS



Resumen

El presente artículo se fundamenta en una investigación orientada a implementar un sistema de riego autónomo por micro aspersión utilizando energía solar fotovoltaica, teniendo como respaldo para su funcionamiento la energía eléctrica de la red en lugar de baterías. Este sistema se diseña para cubrir la necesidad de humedad de dos parcelas: una de cacao y otra de café, ubicadas en el Centro Experimental “La Playita” de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná. El riego continuo de estos cultivos se garantiza por una bomba de agua que es la encargada de suministrar el agua necesaria para que sean utilizados por los micro aspersores, el tiempo de riego en las parcelas es controlado por sensores de humedad y temperatura, estos dispositivos electrónicos son programados por distintas herramientas; y todo el sistema en conjunto es alimentado por energía solar, obteniendo así un sistema de riego autónomo y confiable con un bajo impacto ambiental.

Palabras clave: *energía solar fotovoltaica, impacto ambiental, micro aspersión, riego autónomo.*

Abstract

The present project is oriented to implement an autonomous micro sprinkler irrigation system using photovoltaic solar energy and having as its support the electrical energy of the network instead of batteries. This system was designed to satisfy the humidity needs of two parcel of land: one for cocoa and the other one for coffee, located in the "La Playita" Experimental Center of the Technical University of Cotopaxi La Maná Extension. The continuous irrigation of these crops will be guaranteed by a water pump that will be tasked of supplying the necessary water to be used by the micro sprinklers, the irrigation time in the pieces of land is controlled by humidity and temperature sensors, these electronic devices are programmed by different tools; and the whole system will be powered by solar energy, thus getting an autonomous and reliable irrigation system that has a low environmental impact.

Keywords: *photovoltaic solar energy, environmental impact, micro sprinkling, autonomous irrigation.*

Forma sugerida de citar (APA): López-Rodríguez, C. E., Sotelo-Muñoz, J. K., Muñoz-Venegas, I. J. y López-Aguas, N. F. (2024). Análisis de la multidimensionalidad del brand equity para el sector bancario: un estudio en la generación Z. Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía, 14(27), 9-20. <https://doi.org/10.17163/ret.n27.2024.01>.

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador poco a poco se ha ido cambiando la matriz energética con la implantación de energías amigables con el medio ambiente como son: la eólica, solar, biomasa; para evitar o mitigar la generación de energía mediante la quema de combustibles fósiles. Por lo cual se emplaza un sistema de riego inteligente por aspersión utilizando energía solar fotovoltaica, para una parcela de cacao y café, ubicada en el Centro Experimental La Playita de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná.

Con el análisis efectuado sobre el predio se evidencia que el método utilizado de riego es muy poco eficiente, ya que existen pérdidas innecesarias de agua. Se opta por usar un sistema de riego por micro aspersión para así ayudar a que los cultivos tengan mejor captación de agua.

El tiempo de riego para el cultivo es controlado por sensores de humedad y temperatura, estos dispositivos electrónicos son programados con distintas herramientas, en este caso se utiliza Arduino. Para la programación de este sistema de riego por aspersión se tomaron en cuenta los factores climáticos obtenidos por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2017), teniendo como periodo de verano los seis meses, comprendidos desde diciembre a mayo y los otros seis meses del año, comprendido desde junio a noviembre como periodo de invierno; cabe destacar que los cultivos en esta parte del país no necesitan de riego por ser una zona muy lluviosa en el invierno.

Para la alimentación de este sistema de riego por aspersión se propone utilizar un sistema fotovoltaico cuyo objetivo es tener un sistema de riego automático controlado, donde se procese la información obtenida por los respectivos sensores tanto de humedad como de temperatura; para que así las plantaciones de café y cacao cuenten con la humedad necesaria.

MATERIAL Y MÉTODOS

Metodología

Metodológicamente en el estudio se utiliza la investigación bibliográfica para conocer los antecedentes nacionales o internacionales, las características necesarias y suficientes para el diseño e implementación de paneles solares; estadísticas de algunos años anteriores de otras instituciones o industrias en el área del proyecto; datos técnicos importantes tales como: demanda, parámetros, precios, protecciones, entre otros. Además, se utiliza la investigación formativa que permite conocer en forma detallada las características de la bomba, sensores y el tipo de paneles solares necesarios que serán utilizados en la etapa de instalación.

Adicionalmente, se utilizan estudios correlacionales, por cuanto se han establecido relaciones de varias variables de manera simple, tales como: la relación existente entre los paneles solares y demanda de la carga instalada.

El diseño del sistema está ubicado en la Universidad Técnica de Cotopaxi en el Centro Experimental La Playita y se proyecta a asegurar la humedad de las plantaciones distribuidas en: una parcela de café que tiene 13,70 m. de ancho y de largo 31,50 m.; y una parcela de cacao de 12.50 m. de ancho y 31.50 m. de largo; ya que presentan deficiencia de riego de mayo a noviembre, periodos que corresponde a los meses de máxima sequía y con mayor radiación solar.

Disposición del Sistema

El Centro Experimental “La Playita”, se encuentra ubicado en la Provincia de Cotopaxi cantón la Maná, con una latitud de $0^{\circ}57'7.79''$ N y $79^{\circ}15'.862''$ O. Esta zona se caracteriza por ser una región agrícola la cual cuenta con cultivos de diferentes variedades originarias de la costa ecuatoriana.



Figura 1. Ubicación de “La Playita” cantón La Maná provincia de Cotopaxi

Recurso Hídrico disponible en el Área del Proyecto

Se tiene como principal recurso un pozo profundo de agua donde se obtiene un promedio de 2000 litros de agua disponible en temporada de invierno y un promedio de 1000 litros en verano.



Figura 2. Pozo profundo

Para el cálculo agronómico se realizan mediciones de la parcela de cacao y café, también el número de plantas que están cultivadas y la distancia de separación entre las mismas, contrastando la información bibliográfica de manuales de cultivos donde se detalla la necesidad de agua, el tiempo de riego y caudal requerido, con la referida por los ingenieros y estudiantes del centro experimental Playita que trabajan con estos cultivos. Esta información permitió diseñar las respectivas parcelas con el cultivo de cacao figura 3 y el cultivo de café figura 4.

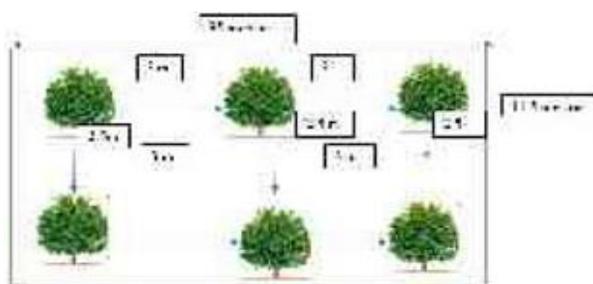


Figura 3. Parcela de Cacao

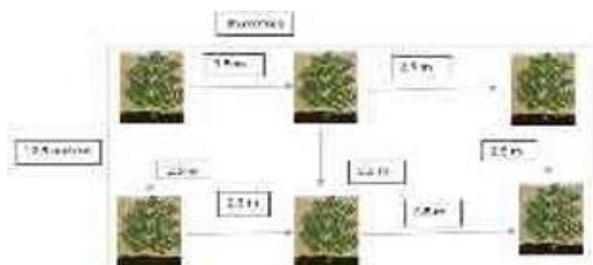


Figura 4. Parcela de Café

El diseño de una instalación de riego localizado es un proceso muy importante, ya que de él depende el buen funcionamiento del sistema posteriormente.

La clave del diseño está en fijar previamente las prestaciones que se le van a exigir a la instalación como: caudal, presión, uniformidad esperada, y seguidamente conocer las limitaciones a las que se debe someter al proyecto, tales como: tipo de suelo, cantidad y calidad del agua a aportar. Se tendrá en cuenta que el sistema de riego tiene una necesidad máxima y una mínima acorde a cada plantación.

Desde el punto de vista de diseño agronómico, lo que realmente interesa conocer son las necesidades de agua en épocas en que el cultivo requiere mayor cantidad, y en función de ese valor se determinarán las dimensiones de los componentes del sistema de riego. Es fundamental que esta instalación sea capaz de suministrar la suficiente cantidad de agua al cultivo cuando su demanda sea máxima.

Las necesidades de agua de los cultivos están determinadas por la evapotranspiración (ET) que engloba las cantidades de agua consumida por dos procesos distintos: la transpiración (que depende del tipo de cultivo y su fase de desarrollo); y la evaporación (producidas desde la superficie del suelo y dependiente de las condiciones climáticas de la zona).

La evapotranspiración (ET) se expresa en milímetros de altura de agua evapotranspirada en cada día (milímetros/día). La evapotranspiración se calcula multiplicando la evapotranspiración de referencia (E_{Tr}) por el coeficiente de cultivo (K_c). Los datos de la evapotranspiración de referencia (E_{Tr}) se obtienen con frecuencia usando un tanque evaporímetro clase "A", en el que se pueden medir los descensos de nivel de la superficie del agua. Lo normal es recoger datos en cada zona durante varios años, hasta obtener unos valores medios mensuales. Por su parte, el coeficiente de cultivo (K_c) varía en función del tipo de cultivo y de su estado de desarrollo, diferenciándose cuatro valores de K_c correspondientes a cada una de las fases: inicial, desarrollo, media y maduración. (Rafael Fernández Gómez, 2010).

Factores que influyen en el riego Pluviosidad y Riego

El óptimo para el cacao está entre 1.500 y 2.000 milímetros de agua distribuidos todos los meses del año. Las zonas cacaoteras reciben entre 800 y 1200 milímetros de agua en época de invierno, por lo cual la diferencia debe suministrarse mediante el riego suplementario.

Temperatura

Los rangos óptimos fluctúan entre los: 24°C y 26°C.

Luminosidad

La necesidad de luz solar del café y del cacao es 1800 a 2000 horas luz al año, respectivamente.

Altitud

Desde el nivel del mar hasta los 800 metros de altitud, el cacao se adapta más a las zonas tropicales. (Dra. Nogales Hipatia, 2016)

Frecuencia y tiempo de riego

La frecuencia de aplicación de agua es el número de veces que se riega en un tiempo determinado, mientras que el intervalo de funcionamiento de la bomba es el tiempo transcurrido entre la aplicación de un riego y el siguiente. Al aplicar el agua de una forma irregular, se puede provocar a la planta una situación de falta de agua que, según intensidad, duración y estado de desarrollo, origina una posterior disminución de la producción. Para conseguir una alta eficiencia en riego localizado, se debe aportar el agua siguiendo la norma de "riegos cortos pero muy frecuentes". Para conocer la cantidad requerida de agua en cada cultivo

es necesario el cálculo agronómico, el cual se expresa en el agua que demanda cada uno de estos cultivos la que es igual a la evaporación que hay presente en el lugar. Según la bibliografía el requerimiento hídrico del cacao y del café es 5.48 mm/día.

Cálculo de las Necesidades de Agua del Cultivo

En la tabla 1 se presentan los valores para el cálculo de riego de cada cultivo interés del estudio, en función a las características de los mismos (considera la profundidad de las raíces) y del terreno (área de terreno, capacidad de retención, entre otros). Por otro lado, la evapotranspiración potencial de cada cultivo.

Datos	Cacao	Café
Capacidad de retención del suelo	1.45mm/cm	1.36mm/cm
Profundidad de raíces	100 cm	80cm
Coefficiente del cultivo (Kc)	0.90	0.90
Área del terreno	378 m ²	404 m ²
Porcentaje de agotamiento	50%	50%
Etp lisimétrico	5.55 m/días	3.5mm/días
Gasto hidráulico (Q)	50%	50%

Tabla 1. Valores para el cálculo de riego de los cultivos

Método Penman Monteith

Se utilizó este método ya que permite estimar la evapotranspiración de referencia, ETo, en función de los elementos meteorológicos solamente: radiación solar neta, temperatura del aire, velocidad del viento y tensión de vapor del agua. La capacidad de retención del suelo es de 1.45mm/cm, la profundidad de la raíz es de 100cm, la retención de humedad es de 145mm, pero tenemos un porcentaje de agotamiento que es del 50%, así pues, el porcentaje de agua a reponer será de 72.5mm (Álvarez Arboleda, 2017). Tomando en cuenta estos valores y conociendo el consumo diario, 5 mm/días para el cacao y en café 3.10 mm/días, la lámina a reponer es de 72.5 mm, la frecuencia promedio del riego será 72.5 dividido para el consumo diario, de donde se obtiene que el riego debe realizarse cada 14 días en cacao y 23 días en café. Para ello la tabla 2.

Cacao	Café
A= 378 m ²	A= 404 m ²
Una hectárea de terreno necesita 1000 litro de agua	Una hectárea de terreno necesita 1000 litro de agua Etc=6,72 m/día
Volumen a aplicarse	Etc=6,72 m/día Volumen a aplicarse 29.29m ³

Tabla 2. Datos de la necesidad de agua de cada cultivo

Potencia de la bomba

Se requiere para la selección del tipo de bomba afín que cumpla con las necesidades del proyecto, calcular el requerimiento total, por lo que se debe considerar la profundidad del pozo las pérdidas producidas de la succión y la descarga de los equipos asociados a la bomba.

La máxima capacidad tiene un caudal diario de agua expresado en litros de 2,77 y mínimo de 1,77 este valor se midió en la época de sequía, obteniendo una bomba con capacidad de 1.05 hp, para los requerimientos del sistema.



Figura 5. Acondicionamiento de la bomba

Dimensionamiento del generador Fotovoltaico

Se consideró que la duración de bombeo es de 2 horas diarias, utilizando para ello micro aspersores que cumplan la necesidad de humedad de las respectivas plantaciones, en conjunto con los sensores de humedad y temperatura. Adicional a esto, se añade un módulo ARDUINO para realizar un sistema de control para la activación y desactivación del sistema de irrigación. Para el cálculo del

sistema fotovoltaico es necesario conocer todos los aparatos electrónicos y eléctricos que se requiere energizar tanto en AC como en DC., representado en la tabla 3.



Figura 6. Componentes del Sistema

Dispositivos	Total (horas)	Potencia (W)	Unidades	Total (Wh) des
Bomba	2	745,7	1	1491,4
Arduino	24	1,08	1	25,92
Lm 35	24	0,005	1	0,1296
Y19	24	1	4	96
Total (Ldm)=				1613,4

Tabla 3. Consumo Energético

Método del peor mes

También es conocido como el método Amperio – hora, ya que ofrece resultados suficientemente precisos, con una metodología intuitiva y fácilmente entendible (NAP,2002). Este método consiste en dimensionar el sistema para satisfacer las demandas de energía eléctrica en el mes más desfavorable, con el propósito de que el resto del año el sistema pueda suministrar de manera constante la energía eléctrica demandada. Para aplicar el método anteriormente mencionado, se necesita conocer la irradiancia existente en “La Playita”.



Figura 7. Irradiancia mínima y máxima

Estos datos fueron obtenidos de la base de datos de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA, 2020) y se tomaron en cuenta los valores diarios, de un histórico de cinco años atrás, para así obtener los promedios mensuales de irradiancia; con lo cual se determina que el peor mes es diciembre con un valor de 3980 Wh/m².

Utilizando el valor obtenido del análisis de cargas Ldm, y el valor de irradiancia del peor mes se consigue un valor de: 898.1 vatios; como potencia necesaria para el generador fotovoltaico. Los paneles fotovoltaicos se colocaron con una inclinación de 15° orientados al Norte, ya que “La Playita” se ubica en el hemisferio Sur, y adicionalmente para evitar acumulación de suciedad y de agua lluvia. Los paneles utilizados son de 300 vatios de potencia cada uno, VOC=48V y un ISC=65 A.

Por lo tanto, el generador fotovoltaico consta de tres paneles solares, un regulador de carga y el inversor que abastecerá de energía a la bomba de agua y a los demás dispositivos electrónicos, se representa en la figura 8



Figura 8. Diagrama de Conexiones

Módulo de Control

El control está constituido por una placa Arduino, mismo que actúa en conjunto con los sensores de humedad y de

temperatura, el cual cumple los siguientes parámetros: si la humedad es $\geq 60\%$ y la temperatura $\geq 24^{\circ}\text{C}$, la bomba no se encenderá; mientras que si estos valores son menores la bomba se encenderá, en la figura 9 se muestra el diagrama de flujo del sistema de control.

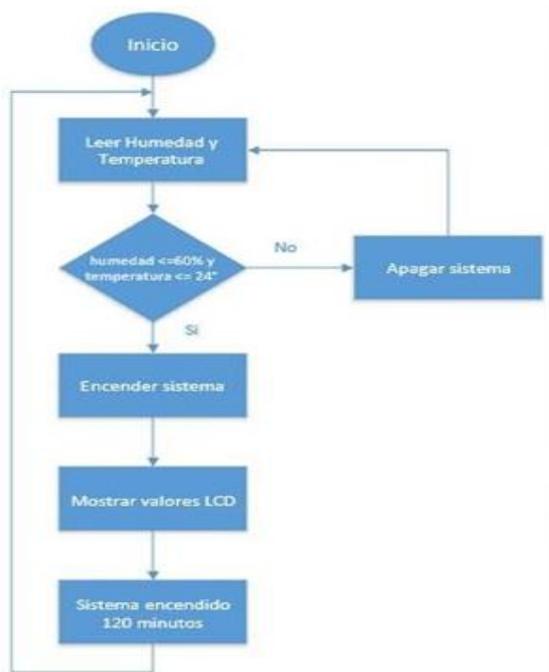


Figura 9. Diagrama de Flujo del sistema

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones de funcionamiento del sistema son: al cumplir los requisitos estipulados en el programa, inicia el funcionamiento de la bomba, con ello se garantiza que las plantaciones tengan la correcta humedad, necesaria para el desarrollo óptimo de las plantas. En caso contrario, al existir humedad suficiente el sistema de control no permitirá activar la bomba.

Se realizaron medidas con el multímetro



Figura 10. Datos de prueba

Obteniéndose los siguientes datos, tabla 4: Tabla 4: Datos de prueba

Horas	T (°C)	V panel	A panel 1	A panel 2	A panel 3	Sensor de humedad
10:00	20	13.8 v	6	3	6	40%
11:00	23	13.8 v	6	3	6	65%
12:00	26	42.3 v	10.8	9.5	10.5	50%
12:30	26	42.3 v	10.8	9.5	10.5	65%
12:45	26	42.3 v	10.8	9.5	10.5	62%

Tabla 4. Datos de prueba

La hora con máxima irradiancia fue entre las 12:00 y las 14:00, donde se aprecia valores de voltaje de 42.3 V y de corriente de 10.8 A. en cada panel; con esto se garantiza el suministro eléctrico al sistema, además, el controlador al detectar humedad del 50%, activa el sistema de riego por micro aspersión, validando así el funcionamiento correcto.



Figura 11. Funcionamiento del sistema

Discusión

El sistema es totalmente funcional, abarca un total de 100 micros aspersores para el regadío de las parcelas de cacao y de café; manteniendo bajo control los parámetros medidos por los sensores de humedad y de temperatura, logrando un sistema fiable.

Adicional, el generador fotovoltaico asegura el continuo funcionamiento de los dispositivos eléctricos y electrónicos que forman parte del mismo.

El sistema no cuenta con un banco de baterías, ya que, los micros aspersores, la bomba, los sensores y el sistema de control funcionarán durante el día.

CONCLUSIONES

Según la investigación realizada se determina que, para los cultivos de cacao y café, es posible realizar su regadío por medio de la energía fotovoltaica, ya que, estos sistemas contribuyen al ahorro energético y a un bajo impacto ambiental.

Se optimiza el aprovechamiento del agua por cada parcela, mejorando el desarrollo de las plantas de cacao y de café, garantizando la igualdad en el riego y reduciendo el consumo de los recursos hídricos.

El sistema de control automático implementado, permite que el proceso logre un control exacto y específico de los tiempos de regadío, encendiendo durante dos horas el sistema de riego para que las plantas se nutran y se desarrollen uniformemente.

De acuerdo a las pruebas realizadas del sistema fotovoltaico, se garantiza la carga eléctrica y autonomía de los equipos correspondientes para el funcionamiento, logrando tener un sistema auto suficiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atiaga, P. R. (12 de julio de 2015). REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI . Obtenido de Construcción e implementación de un banco de pruebas de energía solar fotovoltaica para análisis de curvas de eficiencia de generación que sirva para el laboratorio de ingeniería electromecánica : <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2971>
- Arceda, M. R. (MARTES de ENERO de 2012). RIBUNI.UNI.EDU.NI. Recuperado el 30 de ABRIL de 2019, de ENERGÍA SOLAR PARA EL CULTIVO DE AGUACATE: <http://ribuni.uni.edu.ni/1090/1/38223.pdf>
- Damia. (20 de NOVIEMBRE de 2014). DAMIASOLAR. Recuperado el 2 de JULIO de 2019, ¿de Que tipo de batería es mejor para mi instalación solar?: http://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-suscomponentes/que-bateria-necesito-en-miinstalacion-solar_1domotizados. (13 de FEBRERO de 2018). Recuperado el 24 de MAYO de 2019, de Protocolos más populares de la domótica: <https://domotizados.co/protocolospopulares-domotica/>
- Fernández, Y. (1 de mayo de 2019). renova. Recuperado el 1 de Mayo de 2019, de paneles solares: <https://www.renovaenergia.com/productos/panel-essolares/polycrystallinemodulemodels-gp-150p-36/> Fumero, Y. T. (julio de 2018). Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática. Recuperado el 7 de julio de 2019, de SISTEMA DE RIEGO INTELIGENTE DE: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/9463/Sistema%20de%20riego%20inteligente%20de%20bajo%20coste.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- GOMEZ, P. G. (2018). LIBRO BLANCO DE ENERGÍAS RENOVABLES. BARCELONA: SALVADOR ESCODA S.A. GYSSEL, R. P. (22 de noviembre de 2010). ingenierovelazco. Obtenido de Domótica: conceptos básicos: <http://ingenierovelazco.blogspot.com/2010/11/domotica.html>
- INAMHI. (1 de mayo de 2019). Weather Spark. Recuperado el 1 de mayo de 2019, de el clima en la maná: <https://es.weatherspark.com/y/19368/Clima-promedio-en-La-Mana-C3%A1-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o-KNX>. (20 de OCTUBRE de 2014).
- domoprac. Recuperado el 24 de MAYO de 2019, de ¿QUÉ ES? TIPOS DE PROTOCOLOS: <http://www.domoprac.com/domoteca/domoteca-concepto-s-basicos/el-protocolo-decomunicaciones-el-lenguaje-de-ladomotica.html>
- Lorenzo, J. A. (3 de mayo de 2006). sunfiels. Recuperado el 1 de Mayo de 2019, de calculos de paneles: <https://www.sfsolar.com/paneles-solares/calcularpaneles-solares-necesarios/MINISTERIO-DE-DESARROLLO-URBANO-Y-VIVIENDA>. (2011). ENERGÍAS RENOVABLES . Norma Ecuatoriana de la construcción (Nec -11), 110.
- Mojena, Á. (03 de JULIO de 2015). Alternativa de una fuente de abasto parariego por. Obtenido de Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. : <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/xmlui/handle/123456789/2704Moncayo>, É. L. (9 de JUNIO de 2017). La energía solar se abre terreno en Ecuador. EL UNIVERSO REVISTA EJE INDUSTRIAL, pág. 1.
- Moreno, F. G. (15 de AGOSTO de 2013). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado el 1 de MAYO de 2019, de Modelo a escala de un sistema de riego

- automatizad:<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4778491.pdf>
- Moreno, F. G. (15 de agosto de 2015). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado el 30 de ABRIL de 2019, de Modelo a escala de un sistema de riego: Dialnet-ModeloAEscalaDeUnSistemaDeRiegoAutomatizadoAli ment-4778491.pdf
- Nogales Hipatia, I. V. (s.f.). MANUAL DE APLICABILIDAD DE BUENAS PRACTICAS AGRICOLAS PARA CACAO. ECUADOR: ECUADOR ES CALIDAD. Rafael Fernández Gómez, M. d. (2010). MANUAL DE RIEGO PARA AGRICULTORES MODULO 4. SEVILLA: : Junta de Andalucía.
- Rivera, E. P. (3 de mayo de 2013). redalyc. Recuperado el 30 de ABRIL de 2019, de Fuente alterna de energía renovable: Celdas solares orgánicas: <http://www.redalyc.org/html/4576/457645123003/sfcr>.
- (s.f.). ujaen. Obtenido de SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED: http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/05_tipos/02_conec_red/01_basico/2_conec_red.htm
- Silvestre, S. C. (2008). Formación universitaria. Recuperado el 3 de JULIO de 2019, de Herramientas de Simulación para Siatemas Fotovoltaicos en ingeniería: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_artext&pid=S0718-0062008000100003&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Style, O. (2012). Planificación, dimensionado e instalación. Itaca Appropriate Technology, ©2012.
- Vallejo, B. X. (OCTUBRE de 26 de 2015). Artículos de Tesis de Grado - FIEC. Recuperado el 02 de JULIO de 2019, de DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/31069>
- VALLINA, M. M. (2018). Instalaciones solares fotovoltaicas 2ª edición. Madrid: Paraninfo.