



NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

13 - 16
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,
COLOMBIA



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

Diseño de un sistema de riego con bombeo solar fotovoltaico para un cultivo de palma de aceite en el municipio de San Carlos de Guaroa (Meta)

José Daniel Silva Daza, Natalia Sofía Olaya Barragán, Alben Melo Vega

**Corporación Universitaria del Meta
Villavicencio, Colombia**

Resumen

El desarrollo de la energía sostenible usando recursos renovables es producto de las decrecientes reservas de combustibles fósiles y de la demanda energética a nivel mundial.

El costo de los cultivos que se encuentran en sitios alejados ha aumentado debido a la dificultad de acceso a la energía eléctrica y al incremento del coste del combustible, que a su vez intensifica el precio del agua bombeada. Por lo cual, al hacer uso de sistemas basados en energías limpias como el bombeo de agua solar, se reduce la dependencia de las alternativas tradicionales y el impacto medioambiental.

Colombia se ha consolidado como el cuarto productor de aceite de palma a nivel mundial y el primer productor en Latinoamérica, de ahí que, en el departamento del Meta, en el municipio de San Carlos de Guaroa, la empresa Organización La Paz se dedique al cultivo de palma africana y a la producción de biocombustibles. Allí disponen de 10 hectáreas para un cultivo piloto del híbrido OxG Amazon, dicho híbrido, representa una alternativa con alta resistencia a la enfermedad de la pudrición del cogollo en la palma de aceite y con el compromiso de la preservación del medio ambiente y la salud pública de la región, se buscó diseñar un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego eficiente, con el fin de observar la viabilidad de este nuevo sistema.

Por consiguiente, para el diseño del sistema de riego eficiente para el mencionado cultivo, se requirió saber de las características meteorológicas de la zona, la radiación solar, las especificaciones del suelo, las fuentes hídricas necesarias, el consumo de agua por parte de cada palma, la evapotranspiración, la cantidad de palmas por hectárea, entre otros datos que sustentaron los

cálculos del sistema para de esta forma poder proyectar la necesidad eléctrica, los caudales, las ducterías, la presión y las electrobombas a usar.

Como resultado tras la implementación de este tipo de sistema, se buscó un ahorro energético y aumento de la productividad de los cultivos, donde se contribuyó a la mitigación en parte de los daños ambientales causados por las plantaciones de palma de aceite por culpa del desperdicio del preciado líquido, donde se impulsó a la transición energética, haciendo uso de las energías renovables.

Palabras clave: riego eficiente; bombeo solar; cultivo de palma

Abstract

Sustainable energy development using renewable resources is a product of declining fossil fuel reserves and energy demand worldwide.

The cost of growing crops in remote locations has increased due to the difficulty of access to electricity and the increase in the cost of fuel, which in turn increases the price of pumped water. Therefore, by making use of clean energy-based systems such as solar water pumping, dependence on traditional alternatives and environmental impact are reduced.

Colombia has established itself as the fourth largest producer of palm oil in the world and the first producer in Latin America, which is why, in the department of Meta, in the municipality of San Carlos de Guaroa, the company Organization La Paz is dedicated to the cultivation of African palm and the production of biofuels. There they have 10 hectares for a pilot crop of the hybrid OxG Amazon, this hybrid represents an alternative with high resistance to the bud rot disease in oil palm and with the commitment of preserving the environment and public health. of the region, it was sought to design a photovoltaic solar pumping system for efficient irrigation, in order to observe the viability of this new system.

Therefore, for the design of the efficient irrigation system for the aforementioned crop, it was required to know the meteorological characteristics of the area, the solar radiation, the soil specifications, the necessary water sources, the water consumption by each palm, evapotranspiration, the number of palms per hectare, among other data that supported the calculations of the system in order to be able to project the electrical need, the flows, the ducts, the pressure and the electric pumps to be used.

As a result, after the implementation of this type of system, energy savings and increased crop productivity were sought, which contributed to the mitigation of part of the environmental damage caused by oil palm plantations due to the waste of precious liquid, where the energy transition was promoted, making use of renewable energies.

Keywords: efficient irrigation; solar pumping; palm cultivation



1. Introducción

El presente proyecto se refiere al tema de sistemas de bombeo solar fotovoltaico, los cuales se pueden definir como aquellos en los que una bomba es accionada con energía proveniente de paneles solares que obtienen la radiación del sol y la convierten en energía eléctrica, para ser utilizada generalmente en el riego de cultivos.

La característica principal de este tipo de sistemas, es que para el bombeo del agua subterránea es indispensable la conexión eléctrica que se adquiere de la red local, sin embargo, en lugares remotos, donde el acceso al servicio de energía eléctrica y el coste del combustible para motobombas diésel produce un aumento del precio del agua bombeada y del cultivo, además de que en ciertos casos los sistemas rudimentarios generan impactos ambientales. Por tanto, es esencial recurrir a sistemas artificiales de riego eficientes como lo es la microaspersión, que genera un incremento tanto en la producción como en la vida útil de la plantación. En consecuencia, implementar sistemas basados en el uso de energías renovables como el bombeo solar fotovoltaico, disminuyen la dependencia a las alternativas tradicionales y minimizan el impacto ambiental.

El diseño de este sistema se realiza por la motivación de que dicha tecnología se considera una alternativa sostenible y prometedora ya que se ha evidenciado un constante aumento de estudios como el realizado por la FAO, que muestran que el bombeo de agua solar cada vez es más rentable, ya que el coste a lo largo de su vida útil es menor que el coste de las bombas de combustible convencionales y su mantenimiento.

Así mismo, por medio de una estrategia colectiva se busca influir en la comunicación activa de los Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente el ODS 7 "Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos" ya que es fundamental para el crecimiento económico, la inclusión social y la sostenibilidad ambiental.

En el marco de la investigación, se realiza una serie de visitas a la empresa Organización La Paz, ubicada en el departamento del Meta, en el municipio de San Carlos de Guaroa, donde se analiza los parámetros del cultivo de palma híbrido OxG Amazon.

Con la finalidad de examinar los métodos de riego más eficientes para dicho cultivo, estudiando los datos meteorológicos, estadísticos y gráficos para establecer comparativa de la rentabilidad del sistema actual versus un sistema de generación de energía mediante bombas de paneles solares.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Diseñar una propuesta de un sistema de riego fotovoltaico para un cultivo de Palma de aceite, para la empresa Inversora La Paz en el Municipio de San Carlos de Guaroa.



2.2 Objetivos Específicos

- Realizar un exhaustivo análisis de los métodos de riego más eficientes para los cultivos de Palma de Aceite africana
- Identificar los niveles de radiación solar en la zona, para así establecer los cálculos y el diseño del sistema de generación fotovoltaico.
- Diseñar, Calcular y definir el sistema de riego (Sistema de Bombeo, Tubería, Aspersores...).
- Proyectar a corto, mediano y largo plazo la rentabilidad del sistema de generación de energía mediante bombas de paneles solares.

3. Marco teórico

3.1 El uso del agua

El uso del agua es indispensable en los procesos agrícolas, se estima que en promedio en la agricultura se emplea el 70% del agua que se obtiene a nivel mundial, dicha actividad representa una porción aún mayor del uso consuntivo del agua debido a aspectos agrícolas, como la evapotranspiración de los cultivos, donde más de 330 millones de hectáreas cuenta con instalaciones de riego. “La agricultura de regadío representa el 20% del total de la superficie cultivada y aporta el 40 % de la producción total de alimentos en todo el mundo”. En el futuro, la competencia por los recursos hídricos aumentará exponencialmente, afectando la agricultura; es de considerar empezar a realizar cambios fundamentales en el manejo del agua (Banco Mundial, 2017).

La agricultura de riego, es considerada la más productiva y rentable, tiene un importante papel respecto al aumento del cambio climático, permitiendo amortiguar sus efectos, el riego es crucial para la seguridad alimentaria y nutricional (Banco Mundial, 2017).

El continente americano y en especial la región de América Latina se establece como la región más privilegiada al contar con cerca del 30% del agua superficial disponible a nivel mundial, traducándose a ámbitos económicos y de desarrollo, este privilegio representa un importante capital productivo, contribuyendo al desarrollo económico de toda la región (Barrantes et al., 2013).

3.2 Sector Palmicultor

América se ha venido consolidando como el segundo productor de aceites y grasas después de Asia, la producción de aceite de palma ha sido liderada por Colombia, Ecuador, Honduras, Guatemala y Brasil, aportando el 84% de la producción en el continente americano (Cárdenas, 2016), en tan solo 13 años el crecimiento de la producción ha incrementado un 143.5%.

En gran parte de las regiones de Colombia y Ecuador, donde la siembra de variedades tradicionales de Palma de aceite (*Elaeis guineensis*) está limitada por la presencia de factores contundentes en la producción, siendo esta más vulnerable a la Pudrición del cogollo, se incentiva a la inserción del uso de variedades de híbridos OxG, en Colombia se tiene registro de siembras con híbridos



(12.000 hectáreas), y en su mayoría han sido ocupada por híbridos creados con Oleifera de Brasil. Amazon ocupa unas 2.700 hectáreas en Colombia (Alvarado, Escobar & Henry, 2013).

La producción de aceite de Palma ha sido liderada por la zona Oriental con una participación del 41% (MinAgricultura, 2020), aportando al desarrollo económico y alimentario.

En los procesos de producción y expansión agrícola es necesario contar con sistemas que suministren el agua necesaria para la producción del cultivo, en la mayoría de los casos estos procesos suelen generar impactos en el ambiente, al ser sistemas bastantes rudimentarios, es necesario contemplar el hecho de generar una agricultura de regadío sostenible, que garantice la seguridad alimentaria y al mismo tiempo promueva ecosistemas saludables que aporten a la gestión sostenible de la tierra, el agua y los recursos naturales (FAO, 2015).

Tras los impactos referidos a la contaminación, se han generado una serie de consecuencias, entre esas, el efecto invernadero, que ha inducido en la alteración del clima en todo el planeta, suponiendo un reto considerable para la agricultura, se tiene previsto que las temporadas secas en Colombia pueden durar de 3 a 8 meses, dependiendo de las condiciones climáticas. En estas épocas, la evapotranspiración es mayor que la precipitación recibida, lo cual produce una gran afectación al crecimiento y la producción del cultivo.

3.3 Sistemas de Riego

Es esencial para los cultivos, y en especial para los de Palma de aceite contar con un excelente sistema de irrigación, ya que no solo mejora la producción del cultivo, sino que lo protege de posibles enfermedades, y al mismo tiempo contribuye en la conservación de los recursos hídricos. Las principales ventajas del riego es el incremento en el crecimiento de las hojas, reducción de la tasa de abortos, mejor relación de sexos, entre otros, lo cual resulta en un incremento importante en el número de racimos.

Existen diversos tipos de irrigación, entre ellos el riego por inundación, donde normalmente se trazan canales de riego primarios, de los cuales derivan a acequias secundarios donde el agua es introducida al lote, este riego se aplica a todo el lote, en consecuencia, se hace un gasto del recurso hídrico innecesario para el riego del cultivo. El riego artificial, por microaspersión o goteo, es en cierta parte el sistema de riego más eficiente, ya que se hace un riego directo a cada una de las palmas, suministra únicamente el agua requerida, se evita gasto innecesario de agua, aunque se tenga que realizar una inversión mayor. Estos sistemas de riego rompen con la tradición del esquema uniforme, adaptándose a terrenos irregulares y de diferentes tamaños (Espinosa, Cardenas y Vera, 2011).

Para la implementación de un sistema de riego artificial es necesario contar con fuentes hídricas, como con sistemas de bombeo, en esencia se busca mejorar la producción a un costo bajo, buscar que el sistema de riego sea los más eficiente, que contribuya en la preservación de los recursos, como en el aumento de producción.



3.4 Generación de energía solar fotovoltaica

Para una mayor eficiencia en el sistema de riego, se alimenta con un sistema de generación de energía solar fotovoltaica, este se compone de tres sistemas básicos, primero se comprende el arreglo de los paneles solares que captan la radiación, que a su vez es transferida al segundo sistema, un motor que impulsa una bomba que transforma la energía eléctrica en mecánica necesaria para dirigir el fluido y tercero, el sistema de conducción del líquido hasta su destino. Estos tres subsistemas tienen características propias y necesitan de sistemas accesorios para realizar su labor dependiendo de las condiciones de la zona y de las necesidades de riego (Rural, 2020).

El departamento del Meta es uno de los mayores productores de Palma de aceite del país, donde Municipio de San Carlos de Guaroa, se caracteriza por contar con la mayor producción, aportando el 40.97% de la producción del departamento, contando con aproximadamente 45.000 has sembradas para el año 2009.

4. Diseño

Es importante valorar todos los factores que intervienen en un cultivo tan grande (Espinosa, Cardenas y Vera, 2011).

Valores de Evapotranspiración potencial, precipitaciones y déficit hídrico (mm/mes), tomados del Instituto de hidrología, meteorología y estudios Ambientales (IDEAM).

Tabla 1. Evapotranspiración potencial, precipitación y déficit hídrico anual, en la zona de la Orinoquia.

Mes	ETp (mm/mes)	PP (mm/mes)	DÉFICIT HÍDRICO (mm/mes)
Enero	118	10	108
Febrero	111.5	50	61.5
Marzo	115	81	34
Abril	102	259	-157
Mayo	99.5	360	-260.5
Junio	89.6	340	-250.4
Julio	94	320	-226
Agosto	107	299	-192
Septiembre	113	278	-165
Octubre	116	300	-184
Noviembre	106	154	-48

Mes	ETp (mm/mes)	PP (mm/mes)	DÉFICIT HÍDRICO (mm/mes)
Enero	118	10	108
Febrero	111.5	50	61.5
Marzo	115	81	34
Abril	102	259	-157
Mayo	99.5	360	-260.5
Junio	89.6	340	-250.4
Julio	94	320	-226
Agosto	107	299	-192
Septiembre	113	278	-165
Octubre	116	300	-184
Diciembre	110	31	79
Total	1281.6	2482	-1200.4

Tabla 2. Cantidad de agua a aplicar y caudal requerido.

Cantidad de agua a aplicar, según DÉFICIT HÍDRICO	Caudal total requerido, según DÉFICIT HÍDRICO
Se toma el mes de enero ya que representa mayor déficit hídrico	
$Ca = 108 \text{ mm} / 30 \text{ dias} / 10 \text{ ha}$ $Ca = 3.6 \text{ mm} / \text{dia} * 100000 \text{ m}^2$ $Ca = 3.6 \text{ mm} / \text{dia} * 100000 \text{ m}^2$ $Ca = 3.6 * 10^2 \text{ m}^3 / \text{dia}$	$Q = \frac{V}{T}$ $Q = \frac{3.6 * 10^2 \text{ m}^3}{6 * 60 * 60} = \frac{3.6 * 10^2 \text{ m}^3}{21600 \text{ Seg}}$ $Q = 0.016 \text{ m}^3 / \text{seg} = 16 \text{ l} / \text{seg}$ <p>con una eficiencia de riego del 80%, el caudal necesario es de:</p> $Q = 20 \text{ l} / \text{seg}$

Se trabajará durante 6 horas para efectuar el bombeo.

4.3 Evapotranspiración del Cultivo

Se obtiene el valor de la evapotranspiración del cultivo, con una constante Kc de 0.9 y tomando como referencia la Evapotranspiración correspondiente al mes de enero.



$$ETc = ETp * Kc$$

$$Kc = 0.9$$

$$ETc = 118 \text{ mm} / 30 \text{ días} * 0.9$$

$$ETc = 3.54 \text{ mm/día}$$

4.4 Tipo de Suelo

Se efectúa la caracterización del tipo de suelo, en el cual se encuentra el cultivo, este suelo cuenta con las características de un suelo tipo Franco Arcilloso arenoso, 35% arena, 35% limo y 30% arcilla.

De esta manera, mediante la siguiente ecuación, se obtiene el valor de la cantidad de riego:

$$DR = y(CC - PMP)Da * Pr * \frac{10}{Ef}$$

Tabla 3. Parámetros tipo de suelo Franco Arcilloso arenoso.

Tipo de suelo		y	CC (%)	PMP (%)	Da	Pr	Ef	DR (mm)
Suelo	FArA	0.2	14	6	1.50	0.5	0.9	13.33

4.5 Intervalo de tiempo de riego

Para conocer el intervalo de riego que requiere el cultivo, es necesario saber el valor de la Cantidad de riego, y la evapotranspiración del cultivo, sabiendo que:

$$Ir = DR/ETC$$

Tabla 4. Intervalo de tiempo de riego.

Tipo de Suelo		DR (mm)	Etc (mm/día)	Ir (días)
Suelo	FArA	13.33	3.54	3.76

Se aprecia que el riego debe programarse para un intervalo máximo de 4 días. En tiempos de bastante verano el riego debe efectuarse diariamente, para no generar estrés hídrico en las plantas.

4.6 Componentes

4.6.1 Elección aspersor

Se selecciona un aspersor de impacto, con el objetivo de conseguir una distribución homogénea del agua. Se establece un aspersor por cada 3 plantas, donde la distancia entre cada aspersor es de 14.25 m y entre líneas de aspersores de 16.46 m, teniendo una distancia entre palma de 9.5



m, entre línea de 8.23 m, se busca que cumpla con una traslape de 60% en forma rectangular + 5 % factores ambientales (viento),

$$\begin{aligned} \text{Diámetro de aspersión} &= \frac{14.25 \text{ m}}{60\%} \\ \text{Diámetro de aspersión} &= 23.75 \text{ m} \\ \text{Diámetro de aspersión} &= 23.75 \text{ m} * 5\% \\ \text{Diámetro de aspersión} &= 24 \text{ m} \end{aligned}$$

Se escoge un Aspersor de impacto, modelo 2023 HS con una boquilla #7, a una presión de **3.10 bar**, caudal (L/hr) de **511**, diámetro a **0.46 m** de altura, de **24.1 m**, de la marca senninger®.

Tabla 5. Sectores de riego.

Rango de aplicación	Tiempo de riego	Número de sectores
$RA = \frac{Qe}{da * dl}$ $RA = \frac{511 \text{ l/h}}{14.25 \text{ m} * 16.46 \text{ m}}$ $RA = 2.17 \text{ mm/h}$	$Tr = \frac{ETc}{GA}$ $Tr = \frac{3.54 \text{ mm/día}}{2.17 \text{ mm/h}}$ $Tr = 1.6 \text{ h/día}$	$N_{sect} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{Tr}$ $N_{sect} = \frac{6 \text{ h/día}}{1.6 \text{ h/día}}$ $N_{sect} = 3.75$

Se divide el terreno de cultivo, en 4 sectores para efectuar el riego, cada sector será de 2.5 hectáreas, teniendo en cuenta que el área total es de 10 Ha, y 6 horas de tiempo disponible para lograr cubrir todo el espacio cultivado, cada sector será regado en 1.5 h.

Tabla 6. Caudales de riego.

Caudal por Hectárea	Caudal Requerido
$Q_{ha} = RA * \text{Área}$ $Q_{ha} = 2.17 \text{ mm/h} * 1 \text{ ha}$ $Q_{ha} = 2.17 \text{ mm/h} * 10000 \text{ m}^2$ $Q_{ha} = 21.7 \text{ m}^3/\text{h}$	$Q_{req} = A_{sector} * Q_{ha}$ $Q_{req} = 2.5 \text{ ha} * 21.7 \text{ m}^3/\text{h Ha}$ $Q_{req} = 54.25 \text{ m}^3/\text{h}$

4.6.2 Bloques de Riego

El área del sector de riego se subdivide en bloques para lograr obtener una mayor eficiencia en el riego, logrando así disminuir el caudal; cada sector de riego se subdivide en 2 bloques, uno de 1 Ha y el otro de 1,5 Ha, con un ancho de 100 metros, 7 aspersores por una misma línea terciaria, 1 Ha se obtiene 6 líneas terciarias y 1.5 Ha 9 línea terciarias.

Tabla 7. Diámetro de tuberías.

Diámetro líneas terciarias	Diámetro líneas secundarias
variación de presión permisible del 20% en relación a la presión de trabajo del aspersor	



$\Delta H = 20\% * 45 \text{ PSI}$ $\Delta H = 9 \text{ PSI}$	
Diámetro de la tubería	Para el bloque de las 6 líneas (1Ha):
$V = \frac{1237 Q}{D^2}$ $D = \sqrt{\frac{1237 Q}{V}}$ <p>La línea secundaria irá por la mitad de la línea terciaria, el caudal que ingresa será el que requiera 4 aspersores, aunque tengamos 7 aspersores por línea.</p> $Q = 4 * 511l/h$ $Q = 2044l/h$ $D = \sqrt{\frac{1237 * 0.56l/s}{1.5m/s}}$ $D = 21,48 \text{ mm}$ <p>Se establece una tubería, tipo manguera PE de 25 mm con un diámetro interno de 22.20 mm</p>	$Q_{\text{terciario}} = 7 * 511l/h$ $Q_{\text{terciario}} = 3577l/h$ $Q_{\text{bloque}} = 3577l/h * 6$ $Q_{\text{bloque}} = 21462l/h = 5.96l/s$ $D = \sqrt{\frac{1237 Q}{V}}$ $D = \sqrt{\frac{1237 * 5.96 \text{ l/s}}{1.5m/s}}$ $D = 70.10 \text{ mm}$ <p>Se establece una tubería con un diámetro interno de $\approx 75\text{mm}$</p> <p>Para el bloque de las 9 líneas (1.5Ha):</p> $Q_{\text{terciario}} = 7 * 511l/h$ $Q_{\text{terciario}} = 3577l/h$ $Q_{\text{bloque}} = 3577l/h * 9$ $Q_{\text{bloque}} = 32193l/h = 8.9l/s$ $D = \sqrt{\frac{1237 Q}{V}}$ $D = \sqrt{\frac{1237 * 8.9 \text{ l/s}}{1.5m/s}}$ $D = 85.67 \text{ mm}$ <p>Se establece una tubería con un diámetro interno de $\approx 90\text{mm}$</p>

4.6.2.1 Línea principal

Tabla 8. Caudal de sectores de riego

CAUDAL DE SECTOR DE RIEGO (l/h)			
1	2	3	4
53655	53655	53655	53655
236.235gpm			



Tabla 9. Sistema de bombeo

Sistema de bombeo		Horas de trabajo
Bombas de distribución	Bomba de extracción	Las horas de radiación solar aprovechables para la generación de energía solar fotovoltaica para el municipio de San Carlos de Guaroa es de 6 horas:
Bomba Pearl, modelo CEP 150 (11Kw) de 894.25 l/m, 6 horas de trabajo 66 Kwh, 220 v, para cada sector de riego, para la distribución del agua.	La extracción del agua para el riego, se obtiene mediante un pozo profundo, por ende, se debe implementar una bomba lapicera para su obtención. Bomba Pedrollo, 3728.5 W, 220 v, 253 PSI, 6 horas de trabajo 22.4 Kwh	

Tabla 10. Sistema de generación de energía solar fotovoltaico

Sistema de generación de energía solar fotovoltaico			
Pmax: 380 Wp; Vmpp: 39.71 V; Impp: 9.57 A; Vp: 24V; Eficiencia: 20%; A: 2m ²			
Energía entregada por panel solar	Cantidad Paneles para bombas de distribución	Cantidad de Paneles solares para la bomba de extracción	TOTAL
$E_{pt} = P_{max} * HSP \left(\frac{V_{pmax}}{V_p} \right)$ $E_{pt} = 380W * 6h/dia \left(\frac{39.71V}{24V} \right)$ $E_{pt} = 3772.45 Wh$	$N_p = \frac{E \text{ demandada}}{E_{pt}}$ $N_p = \frac{66 Kwh}{3772.45 wh}$ $N_p = 17.49 \approx 18$	$N_p = \frac{E \text{ demandada}}{E_{pt}}$ $N_p = \frac{22.4 Kwh}{3772.45 wh}$ $N_p = 5.93 \approx 6$	<p>En total se requieren 78 paneles solares, para suministrar energía a todo el sistema de bombeo y un área de 156 m²</p> <p>78 x 2m² = 156m²</p>
	Se requieren 72 paneles solares, para las bombas de distribución de los 4 sectores de riego.	Se requieren 6 paneles solares para la bomba de extracción	
Inversor			
Porcentaje de seguridad: 25%	Potencia del inversor		
Potencia total de la carga: 14.7 Kw	$Scarga = F_s * \left(\frac{P_{carga}}{FP * E_{ffinv}} \right)$		
Eficiencia: 95%	$Scarga = 25\% * \left(\frac{14.7Kw}{0.8 * 95\%} \right)$		
F.P: 0.8	$Scarga = 24177.63 W$		

Se implementa un Inversor solar 25Kw Trifásico



5. Resultados

Se dispone de 10 hectáreas para un cultivo piloto del híbrido OxG Amazon, donde se pretende establecer un sistema de riego con bombeo solar fotovoltaico, en el cual se implementará una modalidad de riego por aspersión.

El terrero se dividirá en cuatro sectores, cada uno con un área de 2.4 Ha, los cuales a su vez se subdividen en dos bloques cada sector, donde se contará con 1 bloque con un área de 1 Ha y otro de 1.5 Ha, esto con él con el fin de generar mayor eficiencia en el sistema de riego, el bloque de 1 Ha dispondrá de 6 líneas terciarias de riego las cuales tendrán 7 aspersores cada una, el bloque de 1.5 Ha dispondrá de 9 líneas terciarias, se establece un aspersor de impacto, modelo 2023 HS por cada 3 plantas, donde la distancia entre cada aspersor es de 14.25 m y entre líneas de aspersores de 16.46 m, teniendo una distancia entre palma de 9.5 m formando un triángulo y entre línea de 8.23 m, en una 1 Ha se contará con 126 palmas. Se establece una tubería, tipo manguera PE de 25 mm con un diámetro interno de 22.20 mm para las líneas terciarias, y una tubería con un diámetro interno de ≈ 90 mm y 75 mm para las líneas secundarias, para cada sector se selecciona una Bomba Pearl, modelo CEP 150, las cuales requieren para su alimentación de 72 paneles solares y una Bomba Pedrollo sumergible para la extracción del agua de un pozo profundo, la cual requiere para su alimentación 6 paneles solares, en el sistema de bombeo se requiere de 78 paneles solares los cuales ocupa un área de 156m^2 , de igual manera se requiere de un inversor de 25 Kw para el funcionamiento del sistema de bombeo, este sistema trabajar 6 horas diarias, ya que es el periodo de radiación solar aprovechable para la generación de energía solar fotovoltaica.

6. Referencias

- Alvarado, A., Escobar, R., & J, H. (2013). El híbrido OxG Amazon: una alternativa para regiones afectadas por pudrición del cogollo en palma de aceite. En Palmas (págs. 305–314). Pal.
- Barrantes, R. (2013). rimisp.org. Obtenido de rimisp.org: https://www.rimisp.org/wp-content/files_mf/1374521421Libro_PIADAL.pdf
- Espinosa M, C. C. (2011). Diseño e instalación de un Sistema de Riego por aspersión para 50 Ha de cultivo de Palma Aceitera en la provincia de Guayas. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14874/1/Dise%C3%B1o%20e%20instalacion%20de%20un%20sistema%20de%20riego%20por%20aspersion%20para%2050%20Ha.%20de%20cultivo%20de%20palma.pdf>
- FAO. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Obtenido de Fao.org: <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/sustainable-agriculture/es/>
- G, C. A. (2016). La agroindustria de la palma de aceite en América. En C. A. G, La agroindustria de la palma de aceite en América (págs. 215–228). Rev. Palmas.
- Mundial, B. (12 de Julio de 2017). Banco mundial.org. Obtenido de Banco mundial.org: <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture#1>
- OECD. (2021). OECDilibrary. Obtenido de: https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/ocde-fao-perspectivasagricolas-2021-2030_47a9fa44-es
- Rural, M. d. (2020). Cadena de Palma de Aceite, Indicadores e Instrumentos. Obtenido de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Palma/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>.



Sobre los Autores

- **José Daniel Silva Daza.** Estudiante de Ingeniería eléctrica, VIII Semestre. Integrante Semillero GIEES. jose.silvadaza@academia.unimeta.edu.co; daniel10t.08@gmail.com
- **Natalia Sofía Olaya Barragán.** Estudiante de Ingeniería eléctrica, VIII semestre. Integrante semillero GIEES. nataliasofia.olaya@academia.unimeta.edu.co; sofiabarragan1920@gmail.com
- **Alben Melo Vega.** Ingeniero Electrónico, Magíster en Educación. Profesor universitario. Asesor de semillero. alben.melo@unimeta.edu.co; albenmv@gmail.com

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

