

Estudio de potencial solar para bombeo de agua en el Bramadero municipio de Condega.

Ana Celia Tercero López.

anatercero50@gmail.com

RESUMEN

Se evaluó el potencial del recurso solar en la comunidad del Bramadero Condega, analizando datos registrados durante el periodo de 22 días en los meses de diciembre 2019 y enero 2020 en un punto ubicado en Finca Linda vista que se encuentra a más de 1000 msnm, comparados con base de datos de PVGIS a través de pruebas de normalidad y correlación de Pearson en el programa IBM SPSS para conocer la relación de los elementos determinantes del clima como Temperatura, Irradiación, Velocidad del Viento, Presión y Humedad. Donde se determinó que algunas variables como temperatura y velocidad del viento no influyen en irradiación de la zona, pero si se encuentran factores determinantes como la altura y nubosidad, concluyendo que se encuentra bajo el dominio climático de la zona montañosa norte, variante durante las diferentes épocas del año, con una temperatura media de 17°C, Velocidad media del viento de 3m/s, Presión media de 88.06 Kpa, una humedad media del 75% y una irradiación solar media de 160 W/m², Esta irradiación puede ser aprovechada a través de sistemas Fotovoltaicos, por tanto, se realizó dimensionado de sistema de bombeo solar para cubrir la demanda en el área de lavado de café en Finca Linda Vista El Bramadero Condega.

Palabras Claves: recurso solar, irradiación, elementos del clima

INTRODUCCIÓN

En Nicaragua el índice de cobertura eléctrica en la actualidad alcanza el 97,16% según la Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica ENATREL(2019), perteneciendo la gran mayoría de la población de zonas rurales al 2,87% restante, con poco desarrollo debido al difícil acceso, lo que conlleva a seguir utilizando métodos de generación de energía convencional como pequeños generadores diésel.

Con el crecimiento poblacional se incrementa la necesidad de mejorar los servicios energéticos de manera sostenible en las zonas rurales para permitir el desarrollo humano y la realización de la mayoría de las actividades económicas como agricultura y ganadería donde las energías renovables y la eficiencia energética deben jugar un papel fundamental para que se pueda realizar un desarrollo bajo en emisiones de dióxido de carbono.

La Comunidad El Bramadero en el Municipio de Condega cuenta con 109 viviendas según el Instituto Nacional de Información de Desarrollo INIDE (2008). Los habitantes presentan un índice de 44.4% de pobreza extrema y no extrema de 32.0%. La zona cuenta con un recurso solar que puede ser aprovechado para contribuir al desarrollo humano sostenible de los habitantes de la zona. El potencial solar de esta zona debe ser evaluado tomando en cuenta la variación del clima debido a que se encuentra a una altura mayor a los 1000 msnm, para presentar una propuesta que permita un desarrollo socio-económico.

Este estudio tiene como propósito aportar a la evaluación del potencial proveniente del recurso solar, en dependencia de los parámetros climáticos de la zona alta de la Comunidad El Bramadero. De esta manera con los datos recopilados establecer correlaciones entre los factores del clima y el recurso solar, para determinar si es viable o no un proyecto Fotovoltaico en la Zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de estudio

El enfoque de esta la investigación es mixto (Lara Muñoz, 2016). Según el periodo y secuencia de estudio es transversal ya que no se estudió por mucho tiempo las variables, por el alcance de los resultados la investigación es Analítico- descriptiva (Pineda, de Alvarado , & de Canales, 1994), por la relación causa efecto es Explicativa (Jiménez Paneque, 1998).

El área geográfica se enfoca en el municipio de Condega, específicamente en la comunidad El Bramadero, y está ubicado en la latitud 13.39888 y longitud -86.245551.

Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los datos se obtuvieron mediante los siguientes instrumentos: solarímetro, termómetro y base de datos de PVGIS, ubicados en Finca Linda Vista, se colocaron en sitios que no contara con obstáculos que influyeran en el buen funcionamiento de estos.

Los datos obtenidos se insertaron en una hoja de registro para luego ser ingresados a la base de datos de IBM SPSS para realizar las pruebas de normalidad y de correlación de Pearson.

Se utilizaron las técnicas de entrevista teniendo como propósito la recolección de información relacionada al objetivo de investigación para conocer generalidades de la zona de estudio y determinar el beneficio ambiental, económico y social que podría generar un sistema para el aprovechamiento de la irradiación de la zona y grupo focal para construir una visión compartida sobre la investigación de evaluación del recurso solar y la importancia de esta

.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presenta una serie de gráficos que contienen los resultados que han dado salida a los objetivos de esta investigación.

Se realizó gráfico de tallo mediante el programa IBM SPSS, se insertaron los datos obtenidos con los instrumentos durante el periodo establecido, dando como resultado:

Una temperatura media anual de 17° C (Figura 1), esta baja temperatura se debe a que a mayor altitud menor temperatura, tomando en cuenta que es una zona montañosa con mucha vegetación lo cual disminuye el calor y hace que se produzcan lluvias con mayor frecuencia.

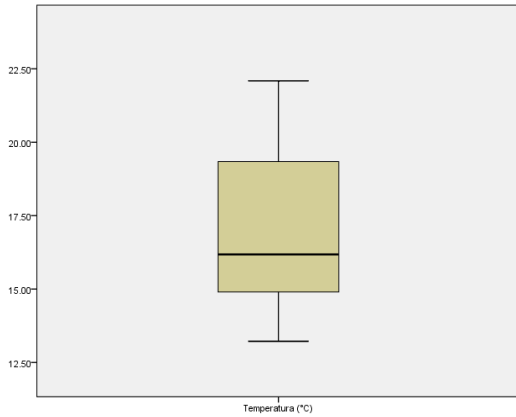


Figura 1. Temperatura de la zona de los Alpes El Bramadero durante el periodo de medición

Mediante el gráfico de tallo se obtuvo una irradiancia media de 160 W/m² (figura 2),

Debido a que la zona es montañosa con temperaturas bajas y se encuentra a más de 1000 msnm, la altura influye mucho en los niveles de radiación ya que a mayor altura mayor radiación, sin embargo, se cuenta con una gran desventaja ya que se forman nubes densas las cuales pueden causar bloqueo de la radiación.



Figura 2. Irradiación El Bramadero

Se obtuvo una velocidad media del viento de 3m/s (Figura 3), se conoce que la velocidad del viento aumenta según la altura esto debido a la variación de presión, sin embargo, por ser una zona montañosa cuenta con grandes árboles que funcionan como cortinas rompe viento, lo que causa una disminución en las corrientes de aire.

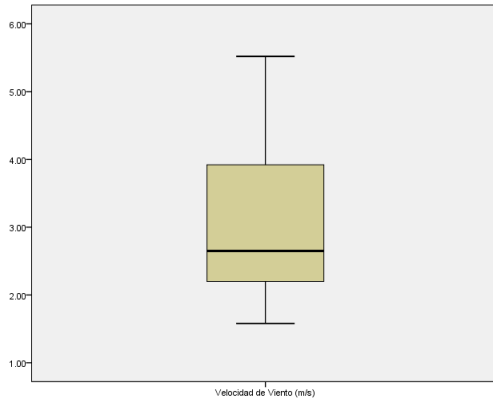


Figura 3. Velocidad del viento en la zona alta del Bramadero

Se obtuvo una Presión media de 88.06 Kpa (figura 4), sabiendo que a mayor altura la presión ejercida sobre la superficie disminuye.

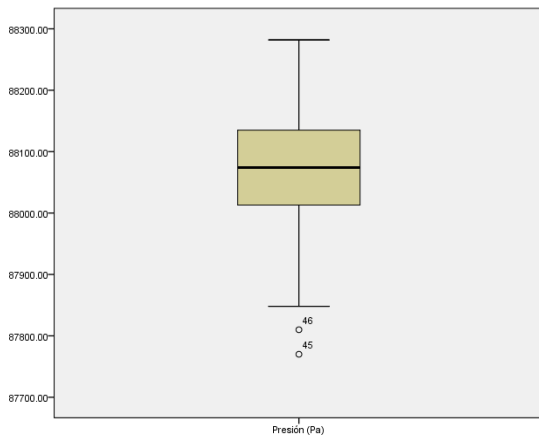


Figura 4. Presión existente en la zona de la comunidad El Bramadero.

Esta zona cuenta con una humedad media del 75%, variando de 68% hasta 85% a medida que transcurre el año, dependiendo en parte de la variación de la temperatura, ya que si el aire se encuentra más caliente existirá mayor humedad que cuando se encuentre frío.

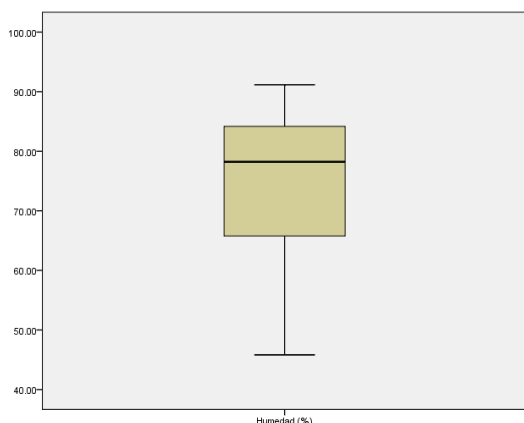


Figura 5. Humedad existente en la zona alta del Bramadero

Mediante las pruebas estadísticas de Pearson se puede conocer la relación existente entre irradiación y los demás elementos determinantes del clima, dando como resultado la relación de Irradiación y Presión lo que significa que su valor de significancia es menor a 0.05, sin embargo, no existe relación significativa entre irradiación con los otros elementos analizados (Temperatura, Velocidad del viento y Humedad).

Correlaciones

		Temperatura (°C)	Irradiancia (W/m ²)	Velocidad de Viento (m/s)	Presión (Pa)	Humedad (%)
temperatura (C)	Correlación de Pearson	1	-.075	.889**	-.409**	-.910**
	Sig. (bilateral)		.437	.000	.000	.000
	N	109	109	109	109	109
Irradiancia (W/m ²)	Correlación de Pearson	-.075	1	.003	.334**	.124
	Sig. (bilateral)	.437		.973	.000	.200
	N	109	109	109	109	109
Velocidad de Viento (m/s)	Correlación de Pearson	.889**	.003	1	-.112	-.719**
	Sig. (bilateral)	.000	.973		.246	.000
	N	109	109	109	109	109
Presión (Pa)	Correlación de Pearson	-.409**	.334**	-.112	1	.580**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.246		.000
	N	109	109	109	109	109
Humedad (%)	Correlación de Pearson	-.910**	.124	-.719**	.580**	1
	Sig. (bilateral)	.000	.200	.000	.000	
	N	109	109	109	109	109

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Dimensionamiento de Sistema Fotovoltaico para aprovechamiento de la Irradiación en la zona El Bramadero-Condega.

Cálculos para determinar sistema de bombeo solar Fotovoltaico para lavado de café, de esta manera se aprovecha la irradiación, disminuyendo la huella de carbono.

Para realizar los cálculos para determinar el sistema se deben conocer los datos del pozo de extracción (Tabla 1), así como las distancias entre estos puntos para determinar cableado y tubería (Tabla 2).

Tabla 1. Datos de Pozo de extracción y pila de almacenamiento.

Datos Pozo - Pila de almacenamiento				
Datos	Largo m	Ancho m	Altura m (profundidad)	Capacidad m³
Pozo	1.5	1.5	10	18
Pila 1	3.5	3	1.2	12.6

Tabla 2. Distancia entre puntos.

Distancias entre puntos	
Paneles- Pozo	59.5 m
Pozo- Pila 1	112 m

Las dimensiones de la pila están hechas para cubrir 2 veces su demanda actual, debido a los días con poca irradiación, y el aumento en la producción de café.

Para conocer la demanda de agua se necesita saber la cantidad de qq de café y la cantidad de agua necesaria por qq (Tabla 3).

Demanda de Agua.

La cantidad de café es lo que se produce en la finca actualmente por día

La cantidad de agua en metros cúbicos es medida por los trabajadores que se encargan del área de lavado.

Demanda de agua

Demanda de agua

$$= \text{Cantidad de cafe} * \text{cantidad de agua requerida por quintal}$$

$$\text{Demanda de agua} = 25 \text{ qq} * 0.2 \text{ m}^3$$

$$\text{Demanda de agua} = 5 \text{ m}^3$$

$$\text{Demanda de agua} = 5 \text{ m}^3 * 1.25$$

$$\text{Demanda de agua} = 6.25 \text{ m}^3$$

La cantidad de agua demandada por día se multiplica por el factor de corrección de 1.25 para obtener un mejor resultado, y el resultado por 2 para acumular agua en la pila ya que tiene el doble de capacidad que la demanda, dado a que se está trabajando con un bombeo directo y no con uno con banco de almacenamiento de energía (Tabla 4).

Tabla 3. Demanda de agua.

Demanda de agua(m³)	
Cantidad de café qq	25
Cantidad de agua por quintal de Café m ³	0.2
Demanda de agua m ³	6.25
Caudal	0.1042

Caudal

$$\text{Caudal} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Horas sol pico} * 60 \text{ min/h}}$$

$$\text{Caudal} = \frac{12.5 \text{ m}^3}{2 \text{ hsp} * 60 \text{ min/h}}$$

$$\text{Caudal} = 0.1042 \text{ m}^3/\text{min}$$

Carga estática

$CE = \text{Nivel de bombeo} + \text{Nivel o espejo de agua} + \text{Altura de descarga de agua}$

$$CE = 8m + 2m + 5.8m$$

$$CE = 15.8m$$

La altura de descarga es la distancia desde la parte superior del pozo hasta la entrada de descarga de la pila.

Perdidas por fricción

Perdidas por fricción

$$= (CE + \text{Recorrido o distancia de tubería}) * \text{Factor de fricción}$$

$$\text{Perdidas por fricción} = (15.8m + 112m) * 0.035$$

$$\text{Perdidas por fricción} = 4.473$$

Carga dinámica total

$$CDT = CE + \text{Perdidas por fricción}$$

$$CDT = 15.8m + 4.473$$

$$CDT = 20.273m$$

Ciclo hidráulico

$$\text{Ciclo hidráulico (m4)} = \text{demanda de agua (m3)} * \text{carga dinámica total (m)}$$

$$\text{Ciclo hidráulico (m4)} = 12.5m^3 * 20.273 m$$

$$\text{Ciclo hidráulico (m4)} = 253.4125$$

Selección de la bomba

Tomando en cuenta el Caudal y CDT, para este estudio se tomó una bomba centrífuga Lorenz sumergible PU600 C-SJ5-8 formada por cabeza de bomba sumergible y motor para abastecimiento de agua potable con caudales de hasta 6,5 m³/h y altura máxima de 30 m, con aplicaciones de pequeño y mediano tamaño con eficiencia del 90%.

Energía del sistema

$$Energia\ del\ Sistemas\ (Wh/dia) = \frac{Demanda\ de\ agua\ (\frac{lbs}{dia}) * CDT}{367 * E_{sistema\ de\ bombeo}}$$

$$Energia\ del\ Sistemas\ (Wh/dia) = \frac{12500lbs/dia * 20.273m}{367 * 0.9}$$

$$Energia\ del\ Sistemas\ (Wh/dia) = 767.21$$

Corriente del generador

$$Corriente\ del\ SS\ FV = \frac{Energia\ del\ sistema\ (\frac{Wh}{dia})}{Voltaje\ SSFV * E\ conductores * E_{modulos} * HSP}$$

$$Corriente\ del\ SS\ FV = \frac{767.21}{24 * 0.95 * 0.9 * 2}$$

$$Corriente\ del\ SSFV = 18.69\ A$$

Selección de Modulo solar FV

Modulo solar de 200W marca Waaree con voltaje de 24V y corriente de 5.81 A, utilizado para bombeo solar directo de pequeña y mediana potencia.

$$N^{\circ}\ m\u00f3dulos\ paralelo = \frac{Corriente\ SSFV}{Corriente\ del\ modulo\ seleccionado}$$

$$N^{\circ}\ m\u00f3dulos\ paralelo = \frac{18.68\ A}{5.81}$$

$$N^{\circ}\ m\u00f3dulos\ paralelo = 3.21$$

$$N^{\circ}\ m\u00f3dulos\ serie = \frac{Voltaje\ SSFV}{Voltaje\ del\ modulo\ seleccionado}$$

$$N^{\circ}\ m\u00f3dulos\ serie = \frac{27.36}{24}$$

$$N^{\circ}\ m\u00f3dulos\ serie = 1.14$$

Potencia del SSFV

$$P \text{ sistema FV} = N^{\circ} \text{ m\u00f3dulos paralelo} * N^{\circ} \text{ m\u00f3dulos serie} * Pn \text{ modulo}$$

$$P \text{ sistema FV} = 4 * 1 * 200$$

$$P \text{ sistema FV} = 800$$

Agua Bombeada

Agua bombeada

$$= (N^{\circ} \text{ m\u00f3dulos paralelos} * \text{Corriente modulo} * \text{Tension SSFV} * E \text{ sistema de bombeo} * 367 * HSP * E \text{ modulos}) / CDT$$

$$Agua bombeada = 4 * 5.81 * 27.36 * 0.9 * 367 * 2 * 0.75 / 20.273$$

$$Agua bombeada = 15539.39 \frac{lbs}{dia}$$

R\u00e9gimen de Bombeo Q

$$Regimen \text{ de bombeo} = \frac{Agua \text{ bombeada}}{HSP * \frac{60min}{h} * 3.785}$$

$$Regimen \text{ de bombeo} = \frac{15539.39 lbs/dia}{2h * \frac{60min}{h} * 3.785 lbs/gal}$$

$$Regimen \text{ de bombeo} = 34.2126 GPM$$

Beneficio Ambiental

Seg\u00fan datos de la gu\u00eda pr\u00e1ctica para el c\u00e1lculo de emisiones de gases de efecto invernadero (2011) se produce 2,79 kg CO₂/l de gasoil (di\u00e9sel).

En La Finca Linda Vista se utilizan 1650 lbs de di\u00e9sel por a\u00f1o para lavado de caf\u00e9, lo que genera una cantidad considerable de CO₂ en la zona (Tabla 4).

Tabla 4. kg de CO2 / lt de diésel.

Kg CO2 por lt de diésel	Lt de diésel	Kg CO2 anuales
2.79	1650	4603.5

$$\text{Kg CO2 anuales} = 2.79 * 1650 = 4603$$

Comparación de sistema de bombeo con Diésel y Sistema de Bombeo Solar para lavado de café en Finca Linda Vista.

Un sistema de bombeo convencional que para realizar un trabajo necesita diésel como combustible, genera 4603 Kg de CO2 al año, contribuyendo a la contaminación ambiental, aportando así al efecto invernadero que se está dando en la actualidad, sin embargo, un sistema de bombeo solar que su combustible es la radiación solar genera 0 Kg de CO2 dado a que no genera residuos sólidos ni gaseosos, siendo estos sistemas amigables con el medio ambiente, abriendo puertas hacia un futuro sostenible.

Beneficios Económicos

A través de un estudio financiero basado en los materiales y dimensiones que están previstos para realizarse en la Finca Linda Vista para la actividad de bombeo para lavado de Café (Tabla5).

Tabla 5. Presupuesto.

Presupuesto					
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo por und	Costo C\$	Costos \$
Pozo					
Ladrillos	4000.0	Und	2.0	8000.0	234.1
Cemento	40.0	Bolsas	320.0	12800.0	374.6
Arena	6.0	Mts	420.0	2520.0	73.7
Mano de obra			10000.0	10000.0	292.7
				33320.0	975.1
Sistema de Bombeo					
Kit de bomba	1.0	Und	12510.0	12510.0	366.1
Módulos Fotovoltaicos	5.0	Und	5125.5	25627.5	750.0
Cableado Xtrem H07rn-f	100.0	Mts	51.5	5150.0	150.7
Tubería Pvc 2"	35.0	und	15.0	525.0	15.4

				38137.5	1282.2
Pila					
Ladrillos	780.0	unidades	2.0	1560.0	45.7
Cemento	45.0	bolsas	320.0	14400.0	421.4
Arena	4.5	Mts	420.0	1890.0	55.3
Arenilla	0.3	Mts	900.0	225.0	6.6
Hierro 3/8	2.5	qq	1400.0	3500.0	102.4
Hierro ¼	0.5	Qq	1200.0	600.0	17.6
Piedrin	75.0	Mts	900.0	67500.0	1975.4
Alambre de amarre	4.0	Lbs	35.0	140.0	4.1
Material selecto	1.0	Mts	400.0	400.0	11.7
Mano de obra			20000.0	20000.0	585.3
				110215.0	3225.5
Total				181,672.50	5483

Para calcular el Valor actual neto

La entrada o ganancia es de 99000 \$, con un incremento del diez por ciento anual (Tabla 6).

Calculo Valor actual neto.

Tabla 6. Datos para calcular TIR Y VAN.

Calculo de TIR y VAN			
Inversión Inicial			-5483
	Flujo Beneficio \$	Flujo Costo \$	Flujo Neto\$
Flujo de caja 1	99000	97020	1980
Flujo de caja 2	108,900	106,722	2178
Flujo de caja 3	119,790	117,394.20	2395.8
Flujo de caja 4	131,769	129,133.62	2635.38
Flujo de caja 5	144,946	142,046.98	2899.02

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=0}^n \frac{Bn}{(1+i)^n}$$

Se calcula el VAN con 2 tasas de interés para obtener un VAN (+) y un VAN (-).

$i_1 = 12\%$

VAN calculada a 5 años

$$VAN = -5483 + \frac{1980}{(1+0.15)^1} + \frac{2178}{(1+0.15)^2} + \frac{2395.8}{(1+0.15)^3} + \frac{2635.38}{(1+0.15)^4} + \frac{2899.02}{(1+0.15)^5}$$

$$VAN = 2,409.01$$

VAN calculada a 3 años

$$VAN = -5483 + \frac{1980}{(1+0.15)^1} + \frac{2178}{(1+0.15)^2} + \frac{2395.8}{(1+0.15)^3}$$

$$VAN = -539.10$$

$i_2 = 30\%$

VAN calculada a 5 años

$$VAN = -5153 + \frac{1890}{(1+0.30)^1} + \frac{2178}{(1+0.30)^2} + \frac{2395.8}{(1+0.30)^3} + \frac{2635.38}{(1+0.30)^4} + \frac{2899.02}{(1+0.30)^5}$$

$$VAN = 122.83$$

VAN calculado a 3 años

$$VAN = -5483 + \frac{1980}{(1+0.30)^1} + \frac{2178}{(1+0.30)^2} + \frac{2395.8}{(1+0.30)^3}$$

$$VAN = -1580.68$$

$$TIR = i_1 + (i_2 - i_1) \left[\frac{V.A.N1}{V.A.N1 - V.A.N2} \right]$$

Donde;

i_1 = tasa de interés V.A.N positivo

15% = 2,409.01

i_2 = tasa de interés V.A.N negativo

30% = -1580.68

$$TIR = 0.15 + (0.30 - 0.15) \left[\frac{2409.01}{2409.01 - (-1580.68)} \right]$$

$TIR = 0.18 * 100\% = 18\%$.

Obteniendo así que el proyecto puede ser rentable al utilizar una tasa de interés inferior al 18% en un plazo de 5 años.

A través del Pay Back se conoce el tiempo de recuperación de la inversión, en este caso la inversión inicial se recuperaría en aproximadamente 3 años (Tabla 8).

Tabla 1. Pay Back.

Io	-5483				
CF	1980	2178	2395.8	2635.38	2899.02
ΣCF	-3151	-973	1422.5	4058.18	6957.2

Costo beneficio

$$CB = \frac{FN^1}{(1+i)^1} + \frac{FN^2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FN^n}{(1+i)^n} / I_0$$

$$CB = \frac{1980}{(1+0.15)^1} + \frac{2178}{(1+0.15)^2} + \frac{2395.8}{(1+0.15)^3} + \frac{2635.38}{(1+0.15)^4} + \frac{2899.02}{(1+0.15)^5}$$

$$CB = 6335.488056/5483$$

$$CB = 1.1554$$

Una vez realizado el análisis financiero, se observa que el proyecto es rentable con una tasa del 15% de interés ya que por cada dólar invertido en el proyecto se tendrá una ganancia de 115.54%, eso significa que en 5 años se obtendrá 1.15 dólares, por dólar invertido.

CONCLUSIONES

La comunidad El Bramadero Condega cuenta con un potencial solar aprovechable todo el verano, sin embargo, en los meses de invierno la radiación baja debido a la nubosidad propia de esta estación del año.

El análisis estadístico de correlación de Pearson dio como resultado la relación entre la Irradiación y Presión, que causan pequeñas variaciones en la radiación que llega a la superficie de la tierra, sin embargo, no existe relación de radiación y temperatura, irradiación y Humedad, Irradiación y Velocidad del viento.

El análisis de cada uno de los factores del clima determina que esta zona se encuentra bajo el dominio climático de la zona montañosa norte.

Hay factores que inciden en la irradiación como la nubosidad que absorbe parte de esta antes de llegar a la superficie terrestre y la altura a mayor altura mayor radiación, siendo esta una gran ventaja porque esta radiación puede ser aprovechada con sistemas fotovoltaicos.

Según el estudio financiero es viable la implementación de un sistema solar para mejorar la calidad de vida y las actividades de producción en las zonas rurales, ya que estos sistemas no son tan costosos y no producen emisiones de CO₂.

Bibliografía

- Pineda, E., de Alvarado, E., & de Canales, F. (1994). *Metodología de la Investigación, Manual para el desarrollo*. Washington.
- ENATREL. (16 de Agosto de 2019). *Índice de cobertura por departamentos*. Obtenido de Índice de cobertura por departamentos: <http://www.enatrel.gob.ni>
- INIDE. (Marzo de 2008). *Condega en cifras*. Obtenido de Condega en cifras : <http://www.inide.gob.ni>
- Jiménez Paneque, R. (1998). *Metodología de la investigación*. Obtenido de http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/bioestadistica/metodologia_de_la_investigacion_1998.pdf
- Lara Muñoz, E. (2016). *Fundamentos de investigación un enfoque por competencia*. Mexico: Editorial Ink.

Oficina Catalana del Canvic climatic. (Marzo de 2011). *guiapractica para el calculo de emisiones de gases de efecto invernadero* . Obtenido de guiapractica para el calculo de emisiones de gases de efecto invernadero :

<http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST234ZI97531&id=97531>