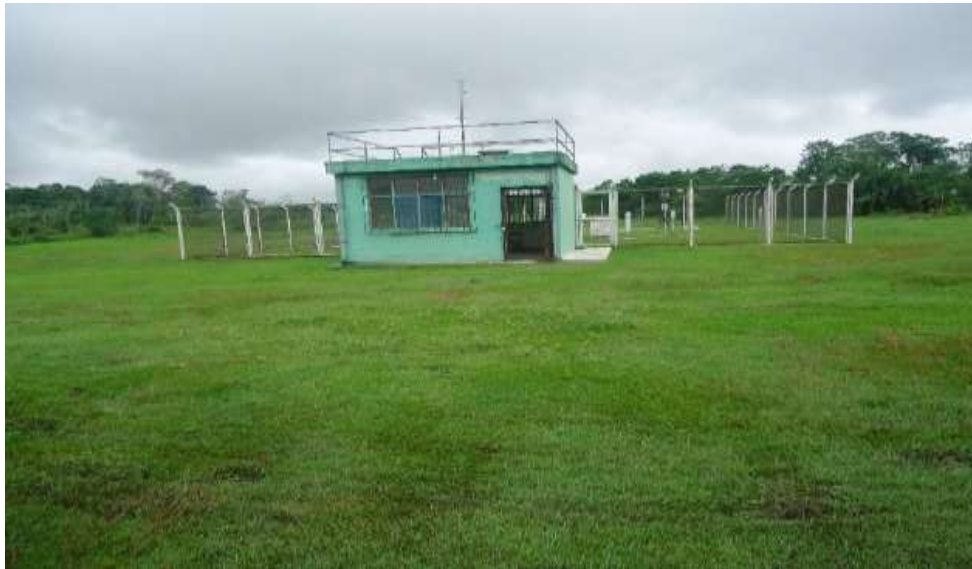


UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



**DETERMINACIÓN DE LA IRRADIACIÓN SOLAR, COMO POTENCIA INCIDENTE
POR UNIDAD DE SUPERFICIE, Y LOS RAYOS ULTRAVIOLETAS UV-A y UV-B EN
PUCALLPA PERÚ 2016.**

AUTOR: OSCAR ANTONIO BARRETO VÁSQUEZ
PUCALLPA-PERÚ

Febrero 2017

DETERMINACIÓN DE LA IRRADIACIÓN SOLAR, COMO POTENCIA INCIDENTE POR UNIDAD DE SUPERFICIE Y LOS RAYOS ULTRAVIOLETAS UV-A y UV-B, EN PUCALLPA - PERÚ 2016.

Dr. OSCAR ANTONIO BARRETO VÁSQUEZ ⁽¹⁾

RESUMEN

El aprovechamiento de la energía solar está condicionado a la intensidad de irradiación incidente sobre un área determinada, para determinar la irradiación en el presente estudio se contó con un Piranometro modelo Kipp & Zonen SP Lite2, está diseñado para la medición rutinaria de la radiación solar en todo tipo de condiciones climáticas. Se registró la irradiación durante todo el año 2016, con los datos obtenidos se elaboró tablas de la radiación solar en Wh/m^2 y su equivalencia en kW /m^2 ; el lugar de registro de la irradiación solar fue en la Estación Meteorológica de la Universidad Nacional de Ucayali, cuyas coordenadas son. $8^{\circ} 24' 48''$ Latitud Sur y $74^{\circ} 34' 18''$ Longitud Oeste. Altitud de 154 msnm. Temperatura máxima promedio $31.6\ C^{\circ}$ y temperatura mínima promedio $20.8\ C^{\circ}$.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la irradiación solar, como potencia incidente por unidad de superficie en Wh/m^2 y su equivalencia $kW h/m^2 / día$ y los rayos ultravioletas UV, los resultados encontrados son: La irradiación solar para la ciudad de Pucallpa varía de 6,533 a 7,205 W/m^2 día y su equivalencia en Kilovatios es de 6.53 a 7.20 kW/m^2 día.

Estos valores promedio de la irradiación solar encontrados en Pucallpa, permitirá la implementación de proyectos sistemas fotovoltaicos, de electrificación rural de pueblos aislados y no interconectados con la red nacional; minimizando los impactos sobre el medio ambiente, que es un compromiso para contra restar el cambio climático en el planeta.

(1) Profesor principal. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad Nacional de Ucayali.
Dr. En Ciencias Ambientales y Energías Renovables.

Respecto a la radiación ultravioleta a partir de las 10 horas se registran índices que alcanzan valores de **8 a 10** el cual es considerado muy alto, y a partir de las 12 a 14 horas el este índice ultravioleta sube a más de **13** que en la escala es considerado un valor extremadamente alto y peligroso, por lo tanto no exponerse desprotegidos más de 20 a 30 minutos.

Palabras claves: Irradiación, Piranometro, radiación ultravioleta, sistemas fotovoltaicos.

DETERMINATION OF SOLAR IRRADIATION, AS AN INCIDENT POWER BY SURFACE UNIT AND UV-A and UV-B UV RAYS, IN PUCALLPA - PERU 2016.

SUMMARY

The use of solar energy is conditioned to the intensity of irradiation incident on a determined area, to determine the irradiation in the present study was a Piranometer model Kipp & Zonen SP Lite2, is designed for the routine measurement of solar radiation in all kinds of weather conditions. The irradiation was recorded throughout the year 2016, with the data obtained were tables of solar radiation in Wh/m² and their equivalence in kW/ m²; the place of registration of the solar irradiation was in the Meteorological Station of the National University of Ucayali, whose coordinates are. 8° 24 '48' 'South latitude and 74° 34' 18 " West longitude. Altitude of 154 msnm. Maximum average temperature 31.6C° and average minimum temperature 20.8C°.

The objective of the present work was to determine the solar irradiation, as incident power per unit area in Wh / m² and its equivalence kW h / m² / day and ultraviolet UV rays, the results found are: Solar irradiation for the city of Pucallpa Varies from 6,533 to 7,205 W / m² day and its equivalence in Kilowatios is from 6.53 to 7.20 kW / m²day.

These average values of the solar irradiance found in Pucallpa will allow the implementation of photovoltaic systems projects, of rural electrification of isolated villages and not interconnected with the national network; Minimizing impacts on the environment, which is a commitment to counteract climate change on the planet.

Regarding the ultraviolet radiation from 10 hours are registered that reach values of 8 to 10 which is considered very high, and from 12 to 14 hours this ultraviolet index rises to more than 13 that in the scale is Considered an extremely high and dangerous value, therefore do not expose unprotected more than 20 to 30 minutes.

Key words: Irradiation, Piranometro, ultraviolet radiation, photovoltaic systems.

INTRODUCCIÓN

El sol es una fuente poderosa de energía. Sin luz y calor, la vida en nuestro planeta no sería posible. La energía del sol es eternamente renovable y fácilmente almacenable. El aprovechamiento de la energía solar está condicionado a la intensidad de radiación incidente sobre un área determinada, en este sentido se requiere conocer la cantidad de energía solar, la Irradiancia es el valor de la potencia luminosa incidente en un determinado instante por unidad de superficie y se expresa en W/m^2 . La Irradiación solar conocida como insolación, es la cantidad de energía solar recibida durante un determinado periodo de tiempo, se expresa en Wh/m^2 .

Para determinar la Irradiancia en el presente estudio se contó con un el Piranómetro Kipp & Zonen SP Lite2 está diseñado para la medición rutinaria de la radiación solar, y se puede utilizar en todo tipo de condiciones climáticas; El sensor mide la energía solar recibida desde todo el hemisferio. Es el equipo ideal para medir la Irradiación solar. En este sentido con el uso de este equipo se registró la Irradiancia durante todo el año 2016, y con los datos obtenidos se elaboró tablas del registro de la irradiación solar en Wh/m^2 , y su equivalencia en kW/m^2 día. Los registros de la Irradiación solar corresponden al area de la Estación Meteorológica de la Universidad Nacional de Ucayali, cuyas coordenadas son $8^{\circ} 24' 48''$ Latitud Sur y $74^{\circ} 34' 18''$ Longitud Oeste. Altitud de 154 msnm. Temperatura máxima promedio $31.6\ C^{\circ}$ y temperatura mínima promedio $20.8\ C^{\circ}$.

Así mismo en el presente estudio también se determinó la radiación ultravioleta A y B (UV-A) y (UV-B), que llega a la superficie de la Estación de Meteorología de la Universidad Nacional de Ucayali; con los datos medidos de la irradiación solar. Aunque tan sólo representa del 5 al 7 % de la radiación total, los efectos que provoca sobre los seres vivos y el medio ambiente hace que sea muy importante, en el balance energético terrestre, los procesos biológicos (la fotosíntesis), ecológicos (modificación de los ecosistemas) y fotoquímicos (formación y descomposición de contaminantes). (Baigorria, Bowen y Stoorvogel, 2003b y García, 1994), (Guevara 2003)

El objetivo del presente trabajo es determinar la irradiación solar, como potencia incidente por unidad de superficie en Wh/m^2 y su equivalencia $kW h/m^2 / día$ y los rayos ultravioletas UV, como potencia incidente por unidad de superficie, en la Estación Meteorológica de la Universidad Nacional de Ucayali.

MATERIALES Y METODOS

Lugar de ejecución

El trabajo experimental se llevó a cabo en la Estación de Meteorología, de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado en el campo experimental cuyas coordenadas son. $8^{\circ} 24' 48''$ Latitud Sur y $74^{\circ} 34' 18''$ Longitud Oeste. Altitud de 154 msnm. Temperatura máxima promedio $31.6^{\circ} C^{\circ}$ y temperatura mínima promedio $20.8^{\circ} C^{\circ}$. (SENAMHI, 2013) y (UNU, 1015).



Población y muestra

Población. Irradiación Solar directa y difusa total diaria que llega a la Estación Meteorológica de la Universidad Nacional de Ucayali.

Muestra. Irradiación solar registrada desde las 7:00 hasta las 17:00 horas.

Tipo de investigación

Corresponde a un tipo o nivel de investigación fue el descriptivo, porque se trata de describir el comportamiento de la irradiación solar, para ello se usó el Piranómetro que registra la irradiación directa y difusa en Wh/m^2 , y la intensidad de rayos ultravioletas UV en la zona de estudio con la finalidad de lograr los objetivos específicos planteados.

Técnicas de análisis de datos.

Los datos del Piranómetro fueron registrados en el software de registro automático Arduino, que registro el promedio de la irradiación solar desde las 7:00 horas hasta las 17:00 horas, de cada día y durante los 12 meses del año 2016, la unidad de medida para el registro la radiación solar fue en Wh/m². Los datos cuantitativos se organizaron tablas y gráficos en archivos de documento hechos en Word, Excel y PDF.

Equipos usados en recolección de datos

- Piranómetro SP Lite 2.
- Multímetro digital
- Multímetro analógico
- Laptop hp CORE i5
- Sistema Solar Fotovoltaico
- Sensor de Registro Automático (Arduino).

Materiales

- Memoria de almacenamiento micro SD
- Útiles de escritorio
- Calculadora
- Fichas de registro
- USB

Métodos:

Cálculo de la irradiación solar. Se usó el Piranómetro modelo Kipp & Zonen SP Lite2 está diseñado para la medición rutinaria de la radiación solar, y se puede utilizar en todo tipo de condiciones climatológicas. El sensor mide la energía solar recibida desde directa y difusa. El Piranómetro se conectó directamente a un voltímetro y a un registrador de datos automático (Arduino). El SP Lite 2 permite lectura directa en W/m². Su diseño único de gran sensibilidad lo permite realizar mediciones precisas y constantes. (SENAMHI, 2013).

La irradiación solar se obtiene multiplicando la irradiancia solar por las horas picos de sol de un lugar. Las unidades de medición de la irradiación solar son los vatios-hora por metro cuadrado (Wh/m²) o kilo-vatios-hora por metro cuadrado (kWh/m²).

Para ello se tomó los datos desde las 7:00 horas hasta las 17 horas, de cada día y durante los 12 meses del año 2016. Este equipo registra la radiación solar en W/m^2 en forma directa, para luego comparar con los registros del Panel solar.

Para obtener la potencia en W/m^2 , siendo necesario que esté constantemente orientado hacia el sol. Para su funcionamiento debe estar conectado a una unidad de control auxiliar para poder determinar mediante cálculo la potencia que es recibida desde el sol. (Inzunza, 2015)

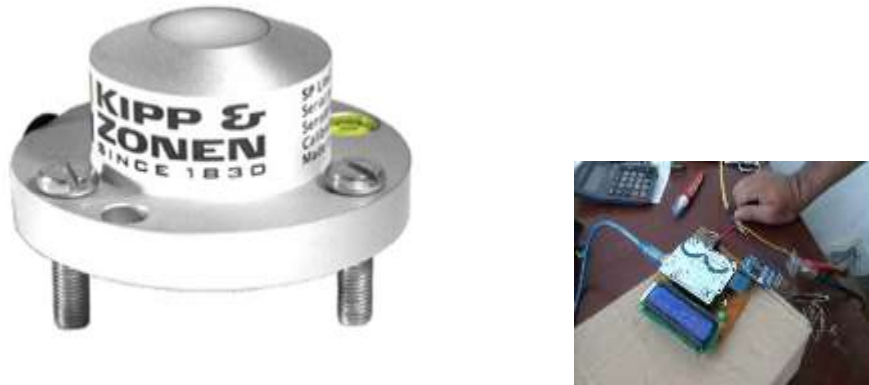


Figura 1. Piranómetro Kipp & Zonen SP Lite2 y Software Arduino, para el registro de radiación solar.

Cálculo del Índice Ultravioleta (UV).

Para determinar el Índice de radiación Ultravioleta (UV-A y UV-B), se aplicó 02 métodos:

1. Método tomando en cuenta la longitud de onda, altitud y nubosidad del lugar.

Para determinar la cantidad de Radiación Ultravioleta que llega a la superficie terrestre con una longitud de onda de entre 290 y 400 nm (que representa el espectro total de longitud de onda UV), teniendo en cuenta la hora del día, la latitud y la nubosidad. En cada longitud de onda, multiplique el nivel real de radiación entrante por la ponderación:

Estas radiaciones ponderadas se suman o integran sobre la escala de 290 a 400 nm, lo cual arroja un valor que representa el efecto total que tendrá la radiación UV sobre la piel en un día determinado. En nuestro ejemplo, el total es 280 (60 + 130 + 90). Estos cálculos se ajustan para contemplar los efectos de la altitud y las nubes. En la superficie, la radiación UV experimenta un aumento de alrededor del 6% por cada kilómetro que nos elevemos sobre el nivel del mar. Si el cielo está despejado, es posible que el 100% de la radiación UV solar llegue a la superficie terrestre, proporción que baja al 89% cuando el cielo está parcialmente nublado, al 73% con el cielo prácticamente cubierto y al 31% con el cielo completamente cubierto.

2. Método tomando en cuenta la Irradiación solar determinado por el Piranometro y su relación con el Índice Ultravioleta.

Se elaboró tablas y gráficos de índices de radiación ultravioleta, de acuerdo a los datos Irradiación solar Wh/m² determinado por el Piranometro, tomando el promedio de irradiación solar del día durante el año 2016.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1, se indica la cantidad de irradiación solar registrado desde las 7:00 horas hasta las 17:00 horas, las cantidades están expresadas en Wh/m², durante el mes de enero 2016; los valores durante el mes alcanzan un valor promedio de 6,716 W/m² día.

Tabla 1: Irradiación (Wh/m²) enero 2016

Hora	18	19	20	21	22	25	26	27	28	29	30	Prom
7:00	192	141	196	155	194	180	197	168	212	224	218	188.82
8:00	370	297	412	321	403	349	399	380	447	460	430	388.00
9:00	515	484	526	556	493	534	646	575	676	647	642	572.18
10:00	790	632	619	626	700	808	828	749	707	846	835	740.00
11:00	862	749	784	711	885	836	875	813	863	948	917	840.27
12:00	986	976	880	899	998	1007	1016	991	906	1003	996	968.91
13:00	992	1010	925	972	947	914	985	980	845	934	922	947.82
14:00	849	925	812	976	849	889	897	882	854	797	794	865.82
15:00	610	673	510	621	692	653	566	630	692	650	667	633.09
16:00	438	410	390	294	391	313	264	428	360	422	411	374.64
17:00	215	295	192	149	190	195	130	218	160	205	212	196.45
Σ	6819	6592	6246	6280	6742	6678	6803	6814	6722	7136	7044	6716.00

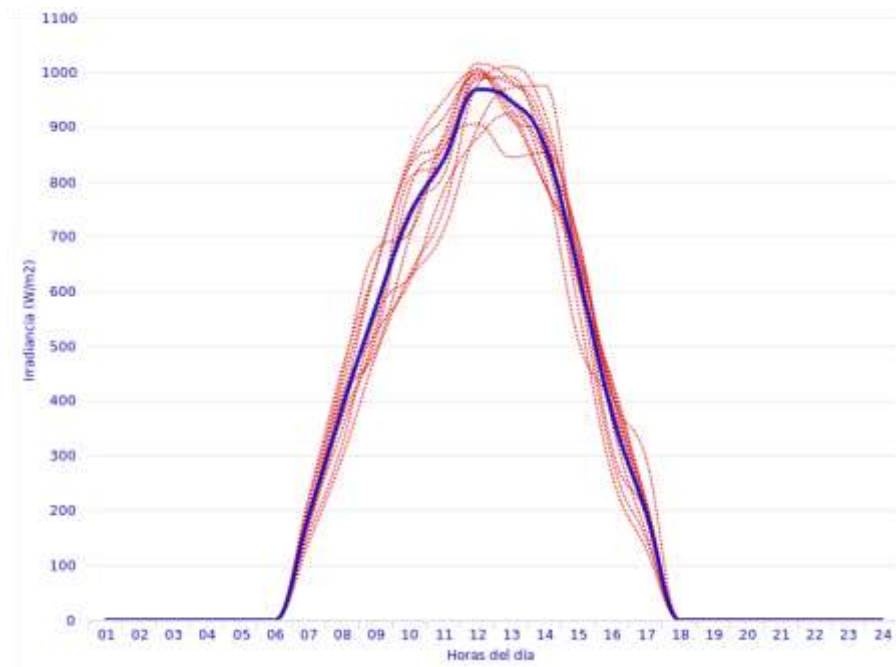


Figura 2: Irradiancia (Wh/m²) enero 2016

En la figura 2, se indica que la Irradiación solar registrada en el mes de enero 2016, el promedio del mes a las 7:00 horas es de 188.82, a las 12:00 es de 968.91 y a las 17:00 horas es de 196.45 Wh/m².

Tabla 2: Irradiación (Wh/m^2) febrero 2016

Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	11	12	13	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	27	28	Prom	
7:00	202	215	218	201	195	135	212	198	142	242	206	208	204	196	190	222	195	225	219	293	201	180	238	47		199.33
8:00	414	430	438	424	414	280	434	404	496	494	418	422	409	409	394	439	410	456	451	408	418	369	480	80		407.96
9:00	569	830	603	739	588	423	753	581	365	556	592	593	581	583	577	469	646	604	579	604	586	714	723	338		591.50
10:00	869	976	889	888	715	720	832	772	724	843	787	718	710	706	692	778	907	912	341	817	745	740	662	660		766.79
11:00	927	702	898	917	848	928	924	988	1127	1025	909	836	877	911	841	883	937	985	990	911	898	847	877	753		905.79
12:00	992	1056	1005	1004	987	932	968	966	1057	1026	1037	941	951	968	914	948	972	1004	1028	1001	919	918	1057	1086		989.04
13:00	555	966	865	953	955	904	948	949	1073	1006	1058	854	866	937	889	897	910	968	993	1024	862	875	974	866		922.79
14:00	856	878	734	847	871	777	739	744	953	953	1005	779	822	794	746	775	866	767	883	871	783	684	930	720		824.04
15:00	576	707	669	683	685	641	606	734	719	856	319	619	569	603	603	552	727	645	690	626	651	564	446	517		625.29
16:00	413	431	417	448	445	451	419	357	494	494	160	405	385	396	396	398	476	389	412	472	358	516	513	322		415.29
17:00	204	242	206	220	226	228	216	170	142	242	92	196	190	182	198	194	230	191	204	228	190	260	246	148		201.88
Σ	6577	7433	6942	7324	6929	6419	7051	6863	7292	7737	6583	6571	6564	6685	6440	6555	7276	7146	6790	7255	6611	6667	7146	5537		6849.71

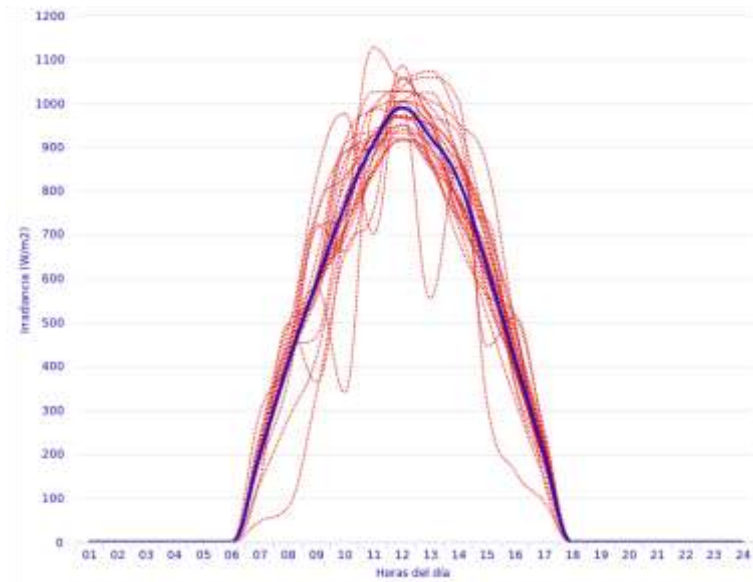


Figura 3: Irradiancia (Wh/m^2) febrero 2016

En la tabla 2, se observa la irradiación solar del mes de febrero varía de 5537 hasta 7737 Wh/m^2 día, y el promedio del mes fue 6849.71 Wh/m^2 día. La mayor Irradiación solar registrada fue a las 12 horas con 989.04 Wh/m^2 día. Valores muy similares al mes anterior.

Tabla 2: Irradiación (Wh/m^2) marzo 2016

Hora	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	28	29	30	31	Prom
7:00	192	218	202	180	112	104	186	210	216	202	140	192	222	201	182	196	207	195	280	220	204	197	192	106	160	194	168	314	186	192.34
8:00	397	426	411	375	197	212	390	431	427	413	399	396	432	410	374	411	423	410	538	416	413	386	390	198	363	406	398	554	385	392.45
9:00	611	637	588	629	234	684	374	655	589	588	589	578	591	587	628	600	403	599	592	595	589	617	580	252	435	603	658	733	573	565.21
10:00	721	742	761	795	616	671	745	853	745	734	714	800	448	760	794	768	654	810	815	721	1006	818	785	813	963	758	846	907	712	768.1
11:00	899	934	916	940	923	845	733	973	929	832	782	879	1082	915	939	985	1107	998	924	792	1015	894	946	647	931	962	1058	972	832	916.69
12:00	984	946	1017	986	1025	1071	1103	932	1058	865	814	944	1057	974	971	1049	1090	1029	1010	834	949	945	970	1029	966	979	978	801	922	975.79
13:00	980	940	999	986	1115	1041	1080	903	1031	904	824	929	942	942	896	899	900	1002	1072	866	804	866	1091	1080	808	973	859	950	935	952.31
14:00	887	876	875	867	1024	915	1096	807	987	862	764	885	926	850	812	837	846	857	839	834	654	760	766	896	704	796	852	915	810	855.14
15:00	605	664	659	611	679	696	698	628	493	700	601	818	613	658	610	466	480	654	630	612	384	653	613	632	444	684	616	531	658	613.45
16:00	409	437	457	439	292	411	490	427	397	439	404	380	430	456	438	388	367	418	430	423	192	384	408	424	370	455	414	192	428	399.97
17:00	208	218	217	206	140	216	260	209	194	216	186	178	193	236	225	190	173	211	228	209	97	182	216	225	179	237	217	93	218	199.21
Σ	6893	7038	7102	7014	6357	6866	7155	7028	7066	6755	6217	6979	6936	6989	6869	6789	6650	7183	7358	6522	6307	6702	6957	6302	6323	7047	7064	6962	6659	6830.66

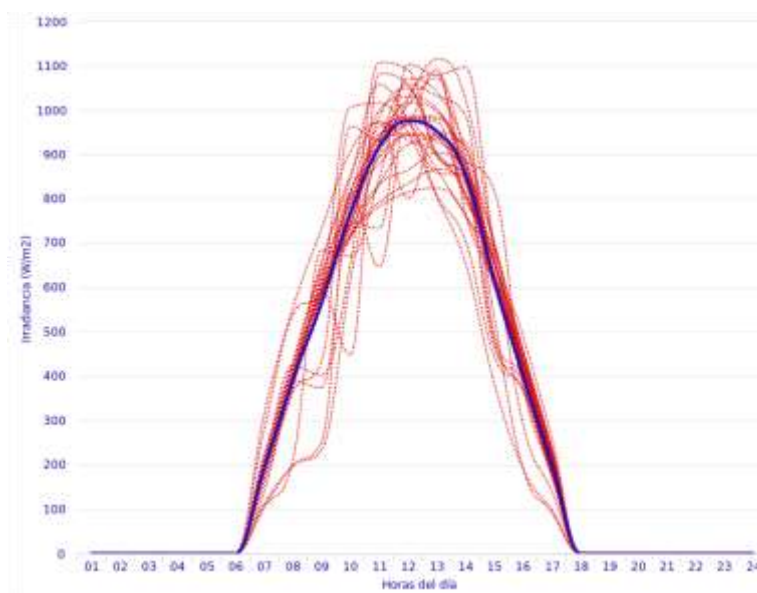


Figura 4: Irradiancia (Wh/m^2) marzo 2016

En la tabla 3, se indica la irradiación solar registrada en el mes de marzo varía de 6217 hasta 7358 Wh/m^2 día, y el promedio del mes fue 6830.66 Wh/m^2 día. La mayor Irradiación solar registrada fue a las 12 horas con 975.79 Wh/m^2 día. Valores similares al mes anterior.

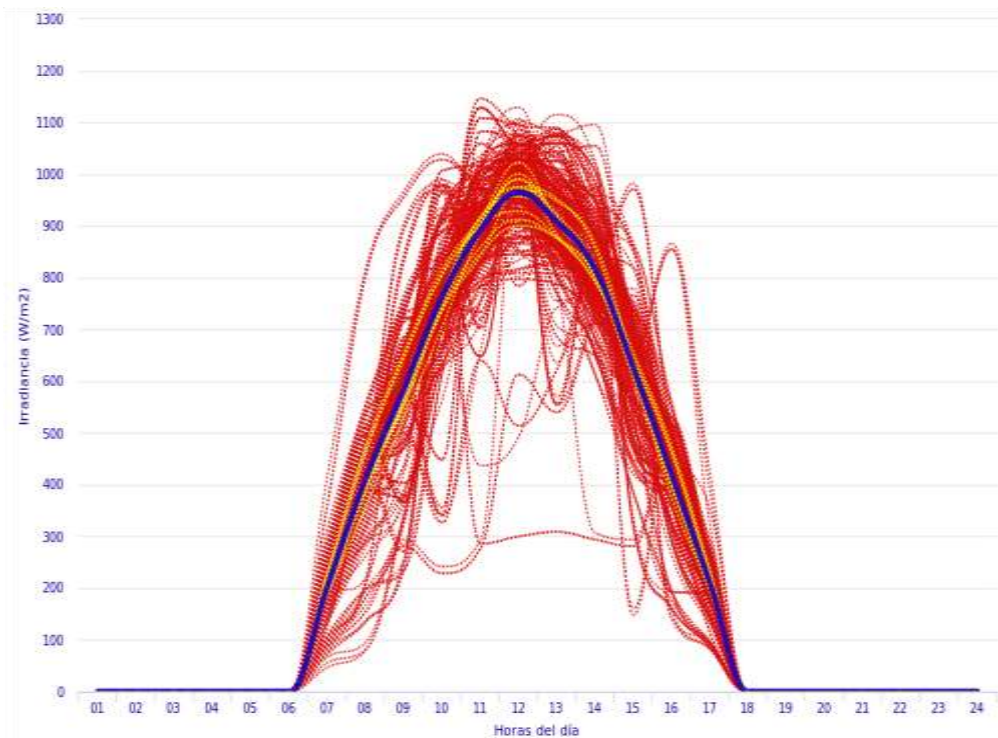


Figura 5: Irradiación (Wh/m^2) enero – diciembre 2016

En la figura 5, se aprecia la irradiación solar de enero a diciembre 2016, las líneas de color rojo indican la irradiación solar diaria durante todo el año; las líneas amarillas es el promedio mensual de la irradiación solar y la línea azul gruesa representa el promedio anual, donde se puede apreciar que la variación no es significativa, la irradiación promedio en estos meses varía desde $6537.52 Wh/m^2$ día registrado en junio, hasta $7205.96 Wh/m^2$ día, registrado en setiembre.

Tabla 3: Irradiación solar (kWh/m^2 día) enero - diciembre 2016

MESES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	PROMEDIO	
ENERO																			6.82	6.59	6.25	6.28	6.74		6.68	6.80	6.81	6.72	7.14	7.04		6.72	
FEBRERO	6.58	7.43	6.94	7.32	6.93	6.42	7.05	6.86			7.29	7.74	6.58		6.57	6.56	6.69	6.44	6.56	7.28	7.15	6.79	7.26	6.61	6.67		7.15	5.54				6.85	
MARZO	6.89	7.04	7.10		7.01	6.36	6.87	7.16	7.03	7.07	6.76	6.22	6.98	6.94	6.99	6.87	6.79	6.65	7.18	7.36	6.52	6.31	6.70		6.96	6.30	6.32	7.05	7.06	6.96	6.66		6.83
ABRIL	6.97	7.05	6.49	6.67	6.60	6.68	7.02	6.75	7.77		6.67	6.77	7.01	7.01	6.93	7.21	7.20	7.50	6.88	6.76	7.74	7.51	6.82	6.84	6.72	7.27	7.55	7.53	7.22				7.04
MAYO	6.35	7.55	7.00	7.57	7.09	6.34	7.20	6.74	4.61	6.04	7.67	7.68	6.75	6.25	6.76	6.72	6.85	6.62	6.70	7.61	7.30	6.95	7.35	6.74	6.83		6.82	6.43	5.53	7.38			6.81
JUNIO	6.21	7.38	6.83	7.41	6.93	6.14	7.07	6.58	4.12	5.50	7.52	7.51	6.56	4.41	6.61	6.57	6.75	6.45	6.55	7.47	7.15	6.83	7.17	6.64	6.66		6.67	5.31	5.35	7.25			6.54
JULIO	6.79	6.94				6.16	6.76	7.04	6.93	6.96	6.67	6.21	6.90	6.85	6.89	6.78	6.73	6.59	7.10	7.24	6.44	6.21	6.53		6.87	6.14	6.26	6.98	6.89	6.86	6.56		6.71
AGOSTO	6.95	7.07	6.30	6.58	6.52	6.58	7.01	6.66	7.58		6.68	6.62	7.05	6.92	6.90	7.20	7.20	7.38	6.87	6.80		7.52	6.75	6.74	6.73	7.28	7.60	7.52	7.18				6.97
SETEMBRE	7.11	7.21	6.66	6.83	6.78	6.81	7.18	6.94	7.94		6.84	6.93	7.16	7.17	7.11	7.32	7.37	7.70	7.03	6.95	7.91	7.68	7.00	7.03	6.87	7.42	7.75	7.67		7.41		7.21	
OCTUBRE	6.80	6.95				6.28	6.77	7.05	6.96	6.98	6.68	6.24	6.91	6.88	6.90	6.76	6.71	6.58	7.11	7.26	6.44	6.32	6.62		6.87	6.11	6.29	6.97	7.01	6.94	6.57		6.74
NOVIEMBRE	6.22	7.40	6.84	7.40	6.97	6.21	7.08	6.58	4.12	5.53	7.55	7.55	6.61	4.40	6.61	6.58	6.72	6.49	6.59	7.47	7.14	6.84	7.13	6.54									6.61
DICIEMBRE	6.35	6.07	6.31	6.35	6.74	6.50	6.88	6.54	7.06	6.27	6.59	6.45	6.46	6.88	6.62	6.85	6.63		6.00	6.49	6.92	6.74											6.56
Σ	6.66	7.10	6.72	7.02	6.84	6.41	6.99	6.81	6.41	6.34	6.99	6.90	6.82	6.37	6.81	6.86	6.88	6.84	6.76	7.08	7.00	6.97	6.93	6.73	6.79	6.76	6.92	6.77	6.67	7.12	6.60		6.80

En la tabla 4, se aprecia los valores promedios mensuales obtenidos de la irradiación solar, desde el mes de enero a diciembre 2016. Los valores varían desde 6.54 hasta 7.21, y están expresados en kWh/m^2 día; el promedio anual es de 6.80.

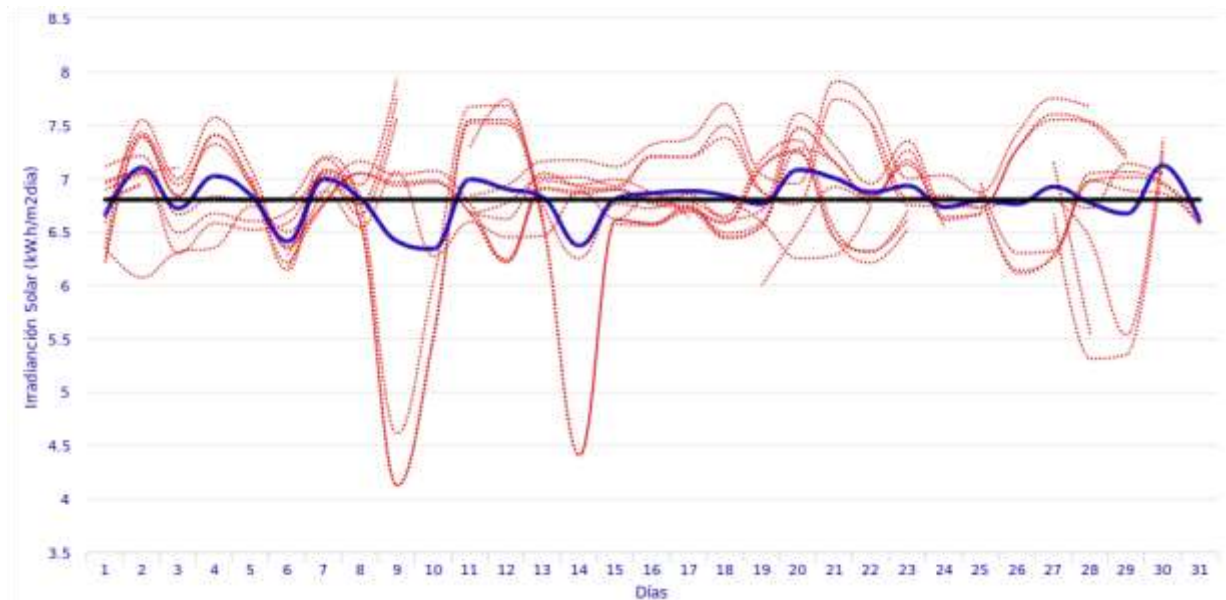


Figura 6: Irradiación solar ($kWh/m^2\text{ día}$) enero - diciembre 2016.

En la figura 6, se indica el promedio de la irradiación solar expresados en ($kWh/m^2\text{ día}$) enero a diciembre 2016, las líneas rojas indican los promedios mensuales y la línea azul indica el promedio anual el cual es de 6.80, el cual es un valor muy interesante, para el uso de esta fuente de energía limpia, en especial en áreas rurales no interconectadas con la red nacional.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La Irradiación solar promedio mensual registrado en $W/m^2/\text{día}$, en la Estación Meteorológica de la Universidad Nacional de Ucayali durante el año 2016, varían desde 6,533 registrado en el mes de junio hasta los 7,205.97 registrado en setiembre; las variaciones durante el año son casi uniformes, no hay variaciones significativas. Estos valores son superiores a lo señalado en el Atlas Solar del Perú 2003, que señala para Ucayali 4.500 hasta 5.500.

Comparando estos resultados encontrados, con los resultados en el atlas de radiación solar de Colombia en el 2005, en la zona Norte de la Península de la Guajira en un estudio de Cuantificación y caracterización de la radiación solar encontraron valores de 6,0 a 6,8 $kW/m^2\text{ día}$; estos resultados son similares a los valores de la Estación de Meteorología de la Universidad Nacional de Ucayali, en Pucallpa – Perú durante el año 2016.

Estos resultados de la radiación solar en Guajira ofrecen una alternativa que puede garantizar el suministro energético futuro de forma asequible y medioambientalmente aceptable. Estas alternativas deben ser desarrolladas en el corto y mediano plazo, con el fin de dar cobertura a los requerimientos energéticos del país. Desde en, esta perspectiva, algunos estudios señalan que en distintas zonas del país existe una

variedad interesante de recursos renovables con capacidad de ser transformados en energía final (Vanegas; Villacaña y Arrieta 2015).

Bajo este escenario, este trabajo muestra el estudio para el cálculo de la radiación solar incidente en la zona norte de Colombia, específicamente en una zona climática de la península de La Guajira que se caracteriza por poseer un clima cálido árido, con el fin de evaluar el recurso disponible para su uso como fuente energética. Ello permitirá a mediano plazo la implementación de un modelo energético más diversificado, que garantice la satisfacción de la demanda energética futura de forma sostenible. En la Selva peruana a radiación sol sería una alternativa para dotar de energía muchos pueblos aislados, a los cuales no llega la red de conexión nacional.

Se trabajó con el piranómetro modelo SP Lite 2, diseñado para captar tanto, la radiación directa y difusa de forma más precisa, ya que se consideran distintos tipos de turbidez atmosférica, que van desde un cielo claro y limpio hasta uno con un cielo con una nubosidad importante.

Las regiones selváticas en Latinoamérica aprovechan la radiación solar aproximadamente 12 horas al día durante todo el año. Su intensidad tiene un promedio de 4 a 6 kWh/m² diarios, lo cual es muy alta comparada con Europa, donde su intensidad de la radiación solar es de 2 a 3 kWh/m² diarios. (Kratka, M. 2007).

El mayor aprovechamiento de la energía solar en la selva sirve para producir electricidad. Gracias al efecto fotoeléctrico en los semiconductores se logra la conversión, ciudades y centros turísticos que no están conectados a la red eléctrica por las grandes distancias y por la densa vegetación, y en las que la electricidad se necesita para alimentar los aparatos electrodomésticos, el teléfono, el alumbrado, las computadoras etc. en conclusión la energía solar ofrece grandes posibilidades de electrificación también de los poblados pobres, que están aislados de la civilización, pero el impedimento para ello es la alta inversión primaria, aunque es la única inversión porque la vida útil de los paneles solares es de 20 a 30 años o más. (Kratka, 2007).

En Cuba, el uso de la irradiación solar fotovoltaica se encuentra muy difundido, comparados con los encontrados en la Universidad Nacional de Ucayali, tiene un valor considerable entre 900 y 1,000 W/m², en las horas pico, cuando incide perpendicular sobre una superficie, teniendo valores promedios anuales de 5 kWh/m²día; La variación de un lugar a otro en Cuba no es significativa, debido a su posición geográfica, alargada de Este a Oeste y entre 20° y 23° de latitud norte, de igual modo la irradiación entre el verano y el invierno no es significativa, lo que significa que esta irradiación solar se puede usar durante todo el año. La nubosidad en Cuba es muy alta, debido principalmente al mar que lo rodea. La radiación difusa tiene un valor promedio mayor de 40%. La mayor insolación ocurre desde las 10 horas hasta las 14 horas. (Aubrecht, 2012).

El clima cubano está acompañado también por una alta humedad y frecuentes lluvias en los meses de mayo a octubre Los valores encontrados en Cuba, son menores a los

encontrados en Pucallpa; de igual modo presenta nubosidad alta todo el año, a pesar de ello esta fuente de energía se encuentra muy difundida en el área rural.

Así mismo (Aubrecht, 2012), menciona que en Cuba la energía fotovoltaica es una tecnología moderna y accesible, que en los últimos 10 años se ha desarrollado grandemente, que permite su uso en zona no conectadas con la Red, que contribuyen a la disminución de las fuentes fósiles de energía eléctrica. De igual modo menciona que la energía fotovoltaica ha comenzado a crecer más rápidamente en América Latina y el Caribe, el cual es muy necesario para el desarrollo industrial y agropecuario del país.

En Uruguay los valores medios de irradiación global estimados para el territorio nacional varían desde 4,6 kWh/m²día de irradiación solar hasta un máximo encontrado es de 7,2 kWh/m²día, usando el Piranómetro CM-5, La metodología usada se basa en datos satelitales, como si se utiliza la metodología más tradicional, basada en la correlación de Armstrong-Prescott, de este modo les permite contar con datos de irradiación de calidad controlada con una adecuada distribución en el territorio nacional. En este país el uso de la energía solar se encuentra muy difundida, en especial en el área rural. (Prando, 2012).

La radiación solar en el valle del Mantaro es de 6,0 kWh/m² día y en las zonas alto andinas, es factible el uso de energía solar para el sistema de calentamiento de agua, debido que en estos lugares llega 6,78 kWh/m² día, de irradiación en promedio en días de sol brillante. (Camayo, 2015).

Para el desarrollo de instalaciones solares fotovoltaicas de tipo aislado (zona rural) se requiere un nivel de irradiación entre 3,0 y 4,0 kWh/m² día. En lo relativo a instalaciones solares con conexión a red se requiere, además de mayor insolación (horas de sol) y lugares libres de sombra, un nivel de irradiación superior a los 4,0 kWh/m² día. En las zonas donde predomina la irradiación difusa, no es conveniente llevar a cabo instalaciones fotovoltaicas, ya que la transformación de energía presenta un bajo rendimiento. Por esta razón, los lugares con importante nubosidad a lo largo del año no son aptos para el desarrollo de instalaciones solares fotovoltaicas con conexión a red. (Vanegas; Villacaña y Arrieta 2015).

En España en las Estaciones Meteorológicas de Sevilla y de Madrid, presenta valores de 5,0 kWh/m²día y 4,4 kWh/m² día, respectivamente. En Europa el promedio de la irradiación solar es de 2 y 3 kWh/m² día, a pesar de ello el uso de la energía solar se encuentran bastante difundidos, en especial en España y Alemania. (Salgado, 2009), (Caldes, 2005).

Radiación ultravioleta:

Los resultados de la Radiación Ultravioleta UV encontrados son las siguientes:

Tabla 5: Tomando en cuenta la longitud de onda, altitud y nubosidad del lugar.

Factores: Longitud de onda, altitud y nubosidad	Índice: UV-B
Cielo cubierto (31%)	
280 x 1.06 x 0.31: 92 / 25	3.5
315 x 1.06 x 0.31: 103.50 / 25	4
Cielo prácticamente cubierto (73%)	
280 x 1.06 x 0.73: 216.7 / 25	9
315 x 1.06 x 0.73: 243.7 / 25	10
Cielo parcialmente nublado (89%)	
280 x 1.06 x 0.89: 264.15 / 25	11
315 x 1.06 x 0.89: 297.17 / 25	12
Cielo despejado (100%)	
280 x 1.06 x 1.0: 296.8 / 25	12
315 x 1.06 x 1.0: 333.9 / 25	13

Tabla 6: Irradiación solar Wh/m² determinado por el Piranometro y su relación con el Índice Ultravioleta.

Irradiación solar en Wh/m ²	Índice UV
100	1.2
200	2.5
300	3.5
400	5
500	6.3
600	7.5
700	8.5
800	10
900	12
1,000	13.5

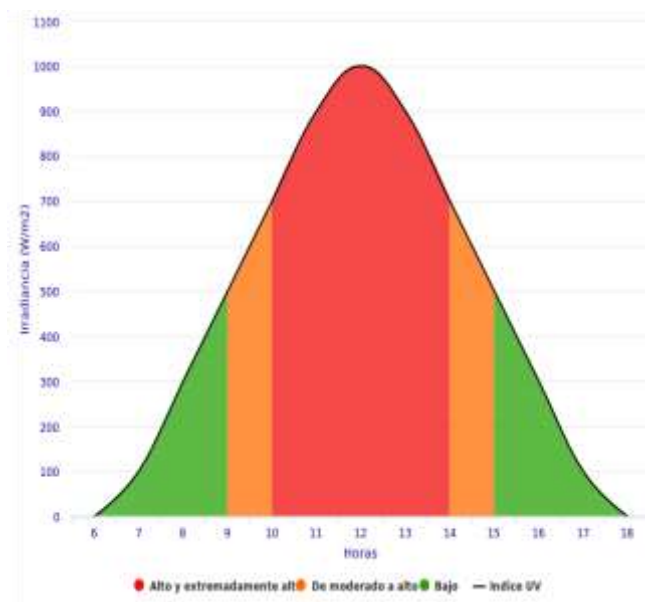


Figura 7: Irradiación solar según las horas del día.

Tabla 7: Riesgo a la salud según el índice UV

Color	Riesgo	Índice UV
 Verde	Bajo	< 2
 Amarillo	Moderado	3 - 5
 Naranja	Alto	6 - 7
 Rojo	Muy alto	8 - 10
 Morado	Extremadamente alto	> 11

Respecto a la radiación ultravioleta con los datos registrados con el Piranometro modelo SP Lite 2, se determinó que a partir de las 10 horas, el índice ultravioleta ya registra índice ultravioleta mayor de 8, que ya es muy alto, este índice continua subiendo obteniendo a las 12 horas índice ultravioleta, que sobrepasan los 13,5 que es extremadamente peligroso.

En este sentido desde las 10 horas hasta las 14 horas, se registró índices ultravioletas muy altos, lo cual es muy dañino para la piel humana, cuando se expone por un tiempo prolongado. En Costa Rica (Hernández; Morera y Wright, 2014) encontraron valores similares en los trabajos de medición de la radiación ultravioleta-B (UV-B), utilizando el radiómetro Kipp & Zonen, tipo UV-S-B-T, se realizaron mediciones automáticas en un datalogger, durante todo el día solar, los índices ultravioletas encontrados son muy similares a los obtenidos en la Estación Meteorológica de la Universidad Nacional de Ucayali, usando el Piranometro modelo SP Lite 2.

Es importante evitar ejercicios prolongados bajo el sol directo, especialmente en el período entre las 10:00 am y las 3:00 pm del día; esto es válido para las visitas a las playas y balnearios. Deben tomarse medidas de protección para todas las personas que tengan que trabajar expuestas directamente al sol (trabajadores de la construcción y del campo, especialmente). Se hace necesario el uso de ropa que cubra una mayor parte del cuerpo, especialmente, cuello, brazos y piernas. Es necesario, durante los días soleados, que las personas más expuestas al sol, utilicen el paraguas como sombrilla para protegerse de la radiación ultravioleta. (Medrano, 2004) y (Ccora, O. y A. Echeandía. 2006).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- La Irradiación solar promedio mensual registrado en $W/m^2/día$, en la Estación Meteorológica de la Universidad Nacional de Ucayali durante el año 2016, es la siguiente: enero 6,716; febrero 6,849.70; marzo 6,827; abril 7,040.33; mayo 6,805; junio 6,533; julio 6,713.45; agosto 6,969.45; setiembre 7,205.97; octubre 6,739.58; noviembre 6,606.19 y diciembre 6,556.61.

- La Irradiación solar mínima mensual registrado, desde las 7:00 horas, hasta las 17:00 horas es de 6,533 Wh/m², registrado en junio 2016, y la máxima es 7,205 Wh/m², que fue registrado en setiembre 2016.
- La Irradiación solar promedio mínimo mensual registrado a las 7:00 horas fue de 186.57 Wh/m², registrado en diciembre 2016 y la máxima fue de 231.71 Wh/m² registrado en setiembre 2016.
- La Irradiación solar promedio mínimo mensual registrado a las 12:00 horas fue de 912.71 Wh/m², registrado en setiembre 2016 y la máxima fue de 1,078 Wh/m² registrado en mayo 2016.
- La Irradiación solar promedio mínimo mensual registrado a las 17:00 horas fue de 192.04 Wh/m², registrado en julio 2016 y la máxima fue de 237.11 Wh/m². registrado en setiembre 2016.
- La Irradiación solar promedio mensual convertido a kilowatios (kW/m².día), durante el año 2016, fueron los siguientes: enero 6,72; febrero 6,85; marzo 6,83; abril 7,04; mayo 6,80; junio 6,53; julio 6,71; agosto 6,97; setiembre 7,21; octubre 6,74; noviembre 6,61 y diciembre 6,56: el promedio anual es de 6.80.
- La radiación ultravioleta con los datos registrados con el Piranometro modelo SP Lite 2, se determinó que a partir de las 10 horas, el índice ultravioleta ya registra índice ultravioleta mayor de 8, que ya es muy alto, este índice continua subiendo obteniendo a las 12 horas, índice ultravioleta que sobrepasan los 13,5 que es extremadamente peligroso.
- En este sentido desde las 10 horas hasta las 14 horas, se registró índices ultravioletas muy altos, lo cual es muy dañino para la piel humana, cuando se expone por un tiempo prolongado, por lo que necesariamente se debe usar protección solar.

RECOMENDACIONES.

- Los valores encontrados de 6,56 a 7,21 kW/m²día; permite el uso de la energía solar fotovoltaica para las localidades aisladas y no interconectadas con la red nacional, ya que para ello se requiere un nivel de irradiación entre 3 y 4 kW/m² día.
- Se recomienda que las personas ubiquen su fenotipo de piel, para que tomen las medidas de precaución que necesita adoptar para protegerse de las quemaduras en la piel, para evitar daños en la salud.

BIBLIOGRAFIA

1. Aubrecht, G. 2012. *Energía renovable*. Revista científica Cubasolar N° 9 julio-setiembre, Ciudad Habana.
2. Alfonso, J. A. 2012. *Récord mundial de producción fotovoltaica*. Energías Renovables. Consultado el 4 de enero de 2016.
3. Atlas de Energía Solar del Perú. (2003). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)*. Ministerio de Energía y Minas. Lima-Perú.
4. Baigorria, G.A., Bowen W.T. y Stoorvogel J.J. 2003b. *A process based interpolation model for maximum and minimum temperatures and solar radiation in mountain areas*. Elsevier febrero 2003.
5. Bolzi, C.G. 1991. *Construcción y Ensayo de Piranómetros Fotovoltaicos de Bajo Costo Desarrollados en la C.N.E.A*, 1999. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Volumen 3, pp 29-33.
6. Caldes, M. 2009. *Economic impact of solar thermal electricity deployment in Spain/energy Politic* 37 (5), pp 1628.
7. Camayo, L.B. 2015. *XXII Simposio Peruano de energía solar y del ambiente-Arequipa*. Perú. Universidad Nacional del Centro-Huancayo, noviembre 2015.
8. Ccora, O. y A. Echeandía. 2006. *Evaluación de la radiación ultravioleta-B en las ciudades de Lima, Arequipa, Cajamarca y Puno*. setiembre-octubre 2006. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).
9. De la Casa A.; Ovando G. y Rodríguez A. 2011. *Estimación de la Radiación Solar Global en la Provincia de Córdoba, Argentina, y su empleo en un modelo de rendimiento potencial de papa*. Revista de Investigaciones XX Simposio Peruano de Energía Solar, 11 -15 Noviembre 2013, Tacna – Perú.
10. Espinoza M. C. (2010). *Metodología de investigación tecnológica*. Pensando en sistemas. Huancayo, Perú: Imagen Gráfica SAC.
11. García, J. 1994. *Principios físicos de la climatología*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Ediciones UNALM Pp. 244.
12. Guevara, S. 2003. *Estimación de la Radiación Solar*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Medio Ambiente. Recuperado el 2016, de Unidad de Apoyo Técnico, para el Saneamiento Básico del Área Rural, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente:

13. Hernández, E. Morera, R. y G. Wright. 2014. *Medición y cálculo del índice ultravioleta en costa Rica*. Tópicos meteorológicos y oceanográficos.
14. Inzunza, J. 2015. *Meteorología descriptiva, radiación solar y terrestre*. Universidad de Chile. Obtenido de:
http://www.met.igp.gob.pe/users/yamina/meteorologia/radiacion_doc_Univ_CHile.pdf
15. Kratka, M. 2007. *Uso de los sistemas solares fotovoltaicos en la selva*. Proyectos de energía renovables en México y Latinoamérica.
16. Medrano, J.2004. *La capa de ozono, daños a la salud y medidas de protección*. Centro de Estudios Latinoamericano. Panama.
17. Muñoz, D. 2005. *Aplicación de la Energía Solar para Electrificación Rural en Zonas Marginales del País*. recuperado el 2016, de tesis, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Mecánica.
18. Prando, E. 2012. *Energía solar uso en industrias de procesos*. Módulo III: Energías renovables.
19. Prieto, J.I (2008) *Disponibilidad de la Energía Solar*. Universidad de Oviedo, Departamento de Máquinas y Motores Térmicos, Cap. II, Oviedo, España.
20. Raichijk, C.; Taddei, F. 2012. *Estudio comparativo de modelos empíricos de estimación de la radiación solar directa horaria*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 16.
21. Salgado, J. M. 2009. *Tecnología de las energías renovables*. Madrid- España. Ediciones Mundi-prensa.
22. Sarmiento, P. 1995. *Energía solar: aplicaciones e ingeniería*, Ediciones Universitarias de la Universidad Católica de Valparaíso.
23. SENAMHI. 2013. Proyecto PER/98/G31: *Electrificación Rural a Base de Energía Fotovoltaica en el Perú*. Recuperado el 2016, de “Atlas de Energía Solar del Perú”, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.
24. USMP. 2012. *Gestión de Procesos de Producción y Protección del Medio Ambiente*. Recuperado el 23 de Junio de 2016, de:
http://www.usmp.edu.pe/vision2012_lima/SEMINARIOS/conferencias/Gestion_de_Procesos_de_Produccion%20.pdf
25. Vanegas, M. Villacaña, E. y L. Arrieta. 2015. *Cuantificación y caracterización de la radiación solar en el departamento de La guajira-Colombia, mediante el cálculo de transmisibilidad atmosférica*. Departamento de Ingeniería Química. Universidad del Atlántico - Colombia.

26. Villacaña, 2012. *Método de evaluación de la radiación solar por transmisibilidad atmosférica. Aplicación a la determinación del potencial energético solar de México.* Tesis doctoral, Universidad de Oviedo.
27. Zanabria P. y Sequeiros E. 2010. *Desarrollo de las energías renovables, en zonas rurales del Cusco, experiencias del CECADE, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Centro de Capacitación para el desarrollo (CECADE); XVII SPES 2010 – Cusco.*

BIBLIOGRAFÍA EN LA RED.

<http://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/observacion/radiacion/RadiacionSolar.pdf>.

http://earchivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/6063/PFC_Israel_Blanco_Sardinero.pdf?

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S222461852015000200008.

<http://www.definicionabc.com/tecnologia/energia-solar.php>

https://www.ecured.cu/Cnergia_Solar.

https://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_solar.pdf

<http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/tar117/medrano.rtf>