



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE SEDE LATACUNGA

Tecnología Superior en Electromecánica

Estudio de las fuentes de energía renovables en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPEL, sector Belisario Quevedo para determinar factibilidad de implementación de centros alternativos de generación Eléctrica.

Autor: Meza Carrillo, Jonathan Rafael

Tutor: Ing. Parreño, Olmos José Alfredo

Latacunga, 14 de Agosto del 2023



Tema de Investigación

Estudio de las fuentes de energía renovables en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPEL, sector Belisario Quevedo para determinar la factibilidad de implementación de centros alternativos de generación Eléctrica.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Antecedentes

Origen

Evolución

Actualidad



De acuerdo al trabajo se enfoca en realizar un un estudio de viabilidad para que en un futuro se pueda implementar un sistema de generación de energía renovable fotovoltaica y eólica, que beneficiara a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga, ubicada en la parroquia Belisario Quevedo, que puede enfocarse en los sistemas de iluminación y ayudar al medio ambiente, reduciendo el consumo convencional de energía eléctrica, y disminuir la emisión de gases.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Problemática

Demanda
energética
del país

Cortes de
luz
inesperados

Muy costoso



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Justificación

Se ejecutará un estudio de viabilidad para que en un futuro se pueda implementar un sistema de generación de energía renovable fotovoltaica y eólica, que beneficiara a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga, ubicada en la parroquia Belisario Quevedo, que puede enfocarse en los sistemas de iluminación y ayudar al medio ambiente, reduciendo el consumo convencional de energía eléctrica, y disminuir la emisión de gases.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio de las fuentes de energía renovables en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga, ubicada en la parroquia Belisario Quevedo para determinar la factibilidad de implementar centros alternativos de generación eléctrica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Realizar una investigación acerca de datos de energía solar y eólica, que permitan determinar el momento con mayor irradiación solar, así como la velocidad del viento para el respectivo análisis.
- ❖ Analizar los datos de puntos máximos de radiación solar y la velocidad de viento.
- ❖ Establecer una propuesta de viabilidad técnica y económica para la implementación de un sistema híbrido de generación.



FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Introducción

Se realizó un breve análisis de conceptos que serán utilizados mientras se plantea la implementación de nuevos centros de energía híbrida para la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe sede Latacunga, situada en la parroquia de Belisario Quevedo, la ubicación será detallada fue obtenida de Google Earth con la finalidad de tener una mayor precisión en el desarrollo de esta investigación.



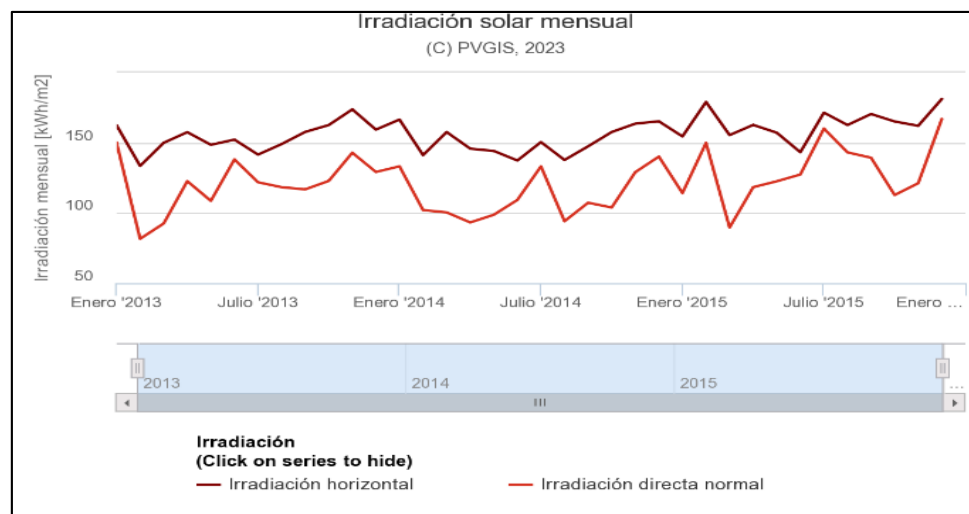
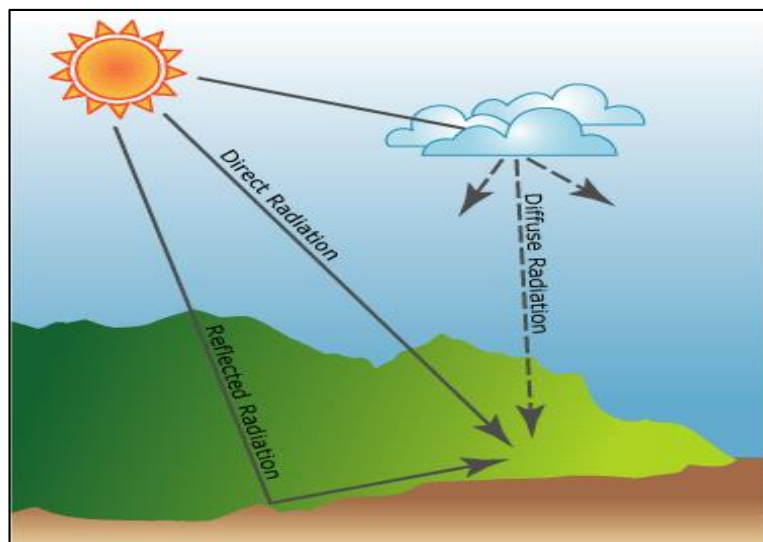
- ❑ Altitud 2735 msnm.
- ❑ Latitud 0°59'56" S.
- ❑ Longitud 78°35'04" O.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Radiación solar, con incidencia directa y horizontal

Esta radiación desempeña un papel crucial al llevar a cabo el estudio de la energía proveniente del sol. En este contexto, es necesario destacar que la irradiación directa normal se refiere a la radiación solar que llega directamente y sin alteraciones al punto en cuestión. Por otro lado, la irradiación directa horizontal se relaciona con la reflexión que ocurre en cualquier punto de la superficie terrestre y que contribuye al rayo solar incidente en dicho punto



Indicativo de su mayor pico

2013

Mes	Irradiación Directa Normal (kWh/m ²)	Irradiación Horizontal (kWh/m ²)
Enero	162.39	150.1
Febrero	133.43	81.56
Marzo	149.87	92.46
Abril	157.44	122.58
Mayo	148.44	108.56
Junio	152.13	138.05
Julio	141.46	121.8
Agosto	148.95	118.29
Septiembre	157.6	116.74
Octubre	162.5	122.74
Noviembre	173.65	142.81
Diciembre	159.24	129.11

2014

Mes	Irradiación Directa Normal (kWh/m ²)	Irradiación Horizontal (kWh/m ²)
Enero	166.42	133.13
Febrero	141.1	101.99
Marzo	157.54	100.36
Abril	145.69	93.21
Mayo	144.09	98.66
Junio	137.27	109.23
Julio	150.36	133.09
Agosto	137.65	94.08
Septiembre	147.36	107.22
Octubre	157.54	103.86
Noviembre	163.49	128.98
Diciembre	165.18	140.07



ESPE

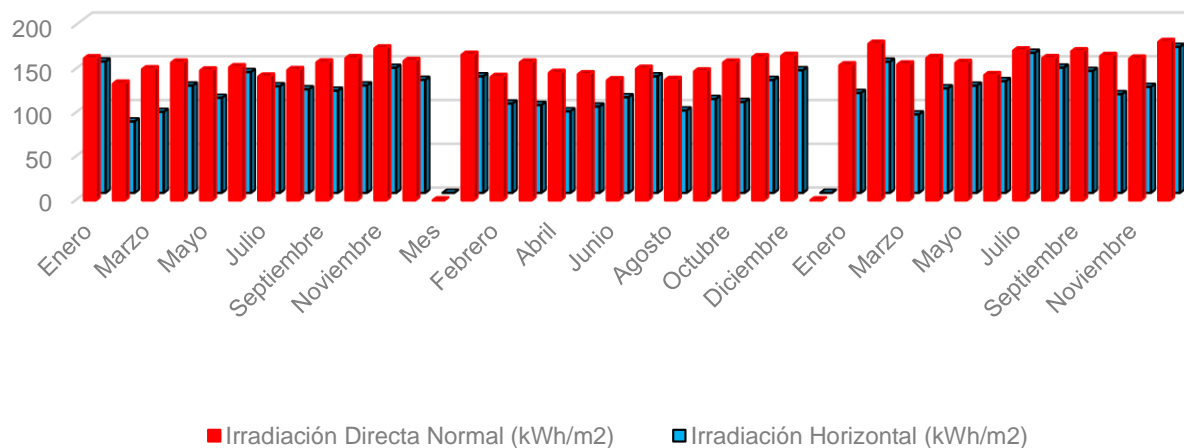
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

2015

Mes	Irradiación Directa Normal (kWh/m ²)	Irradiación Horizontal (kWh/m ²)
Enero	154.39	114.11
Febrero	178.92	149.77
Marzo	155.34	89.58
Abril	162.65	119.39
Mayo	157.06	122.49
Junio	143.18	127.62
Julio	171.34	160.02
Agosto	162.51	143.07
Septiembre	170.36	139.26
Octubre	165.04	112.71
Noviembre	161.96	121.11
Diciembre	181.05	166.8

Anteriormente se indicó que los meses con mayor irradiación corresponden a aquellos de los últimos años (2014 y 2015), datos que son verificados y se tiene que la irradiación directa normal y la irradiación horizontal, fue mayor en 2015 con un valor de 181.05 KWh/m² y 166.80 KWh/m²

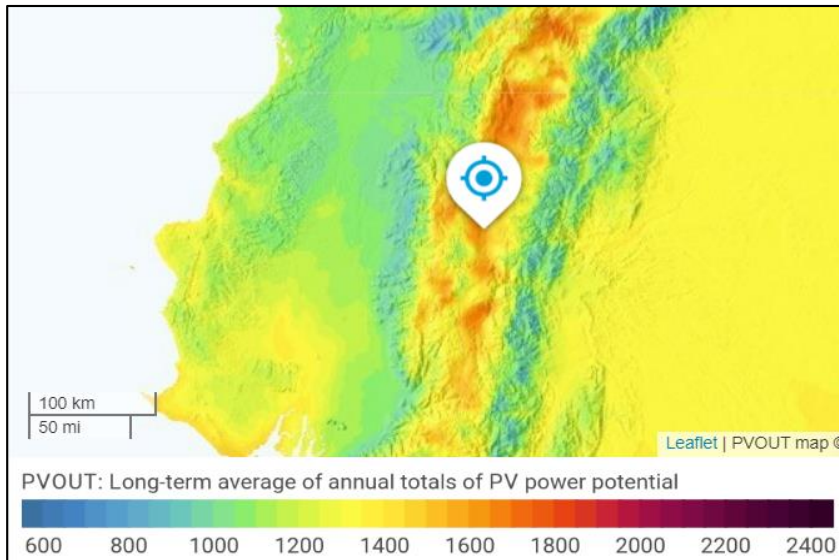
Irradiación Belisario Quevedo - Año 2014-2015



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Radiación según validación de datos de Solargis y Esmap

se aprecia que Latacunga es una de las ciudades que ha experimentado un aumento notable en la irradiación. En el año 2023, la irradiación directa normal se situó en 1521.5 kWh/m^2 , lo que implica un valor mensual promedio de 126.79 kWh/m^2 . Sin embargo, al mantener un valor muy cercano al mínimo valor obtenido en el año 2013, se puede indicar que la irradiación no se ha perdido, por lo que la proyección de la misma, se mantendrá óptima para realizar el enfoque establecido en este proyecto



Specific photovoltaic power output	PVOUT specific	1571.2 kWh/kWp ▾
Direct normal irradiation	DNI	1521.5 kWh/m ² ▾
Global horizontal irradiation	GHI	1917.7 kWh/m ² ▾
Diffuse horizontal irradiation	DIF	858.2 kWh/m ² ▾
Global tilted irradiation at optimum angle	GTI opta	1906.0 kWh/m ² ▾
Optimum tilt of PV modules	OPTA	3 / 0 °
Air temperature	TEMP	13.8 °C ▾
Terrain elevation	ELE	2732 m ▾

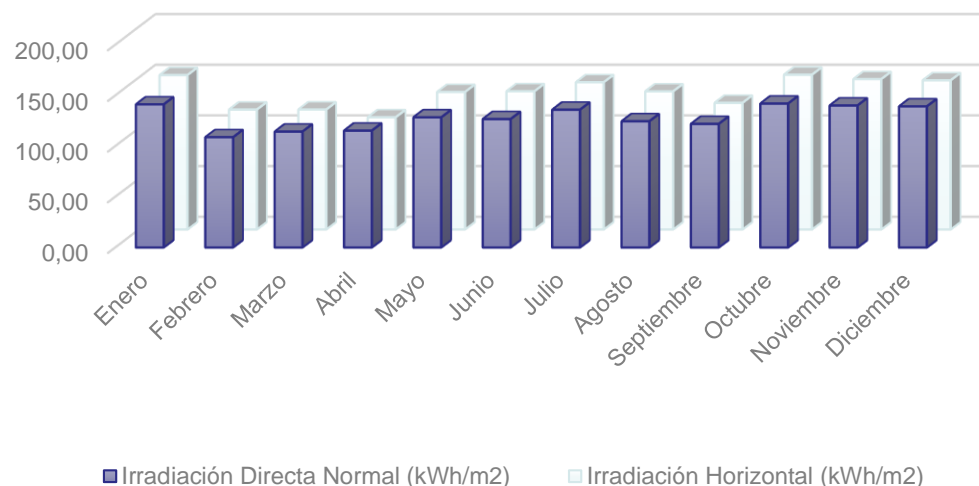


Año 2022 "GSA"

Mes	Irradiación Directa Normal (kWh/m ²)	Irradiación Horizontal (kWh/m ²)
Enero	141.20	152.30
Febrero	108.80	118.20
Marzo	114.30	118.30
Abril	115.30	110.60
Mayo	128.40	135.60
Junio	126.70	136.30
Julio	135.90	145.20
Agosto	124.50	136.20
Septiembre	121.90	124.90
Octubre	142.00	152.60
Noviembre	140.10	148.30
Diciembre	139.20	147.10

: Comparativa dinámica del análisis de datos el año 2022

Irradiación Belisario quevedo año 2022



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

irradiación por horas en Belisario Quevedo – Año 2022 “GSA”



La investigación tuvo como punto de partida las diferentes estadísticas tomadas de páginas reconocidas mundialmente adicional se corroboró con mediciones precisas en el lugar de estudio mostrados Cabe recalcar que para la generación de estos datos en la página Power Project es necesario colocar diferentes filtros que ayudarán a seleccionar el punto exacto en el cual se desean obtener los datos, para esto se tienen datos específicos como latitud y altitud del sitio

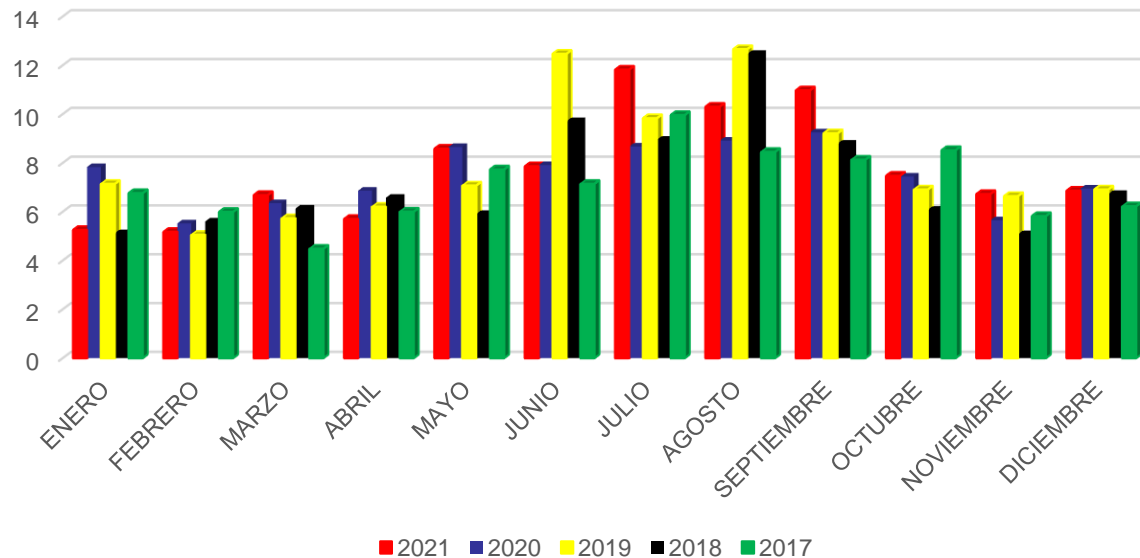
Velocidad de viento en Belisario Quevedo 2017 2021

Meses	2021	2020	2019	2018	2017
Enero	5.25	7.83	7.14	5.12	6.76
Febrero	5.17	5.52	5.05	5.6	5.99
Marzo	6.68	6.35	5.73	6.13	4.48
Abril	5.7	6.86	6.2	6.57	6.0
Mayo	8.58	8.65	7.07	5.91	7.73
Junio	7.86	7.91	12.47	9.71	7.14
Julio	11.82	8.67	9.83	8.95	9.96
Agosto	10.3	8.91	12.66	12.47	8.45
Septiembre	10.97	9.25	9.21	8.79	8.13
Octubre	7.47	7.44	6.91	6.08	8.52
Noviembre	6.72	5.65	6.64	5.08	5.82
Diciembre	6.86	6.95	6.91	6.73	6.22



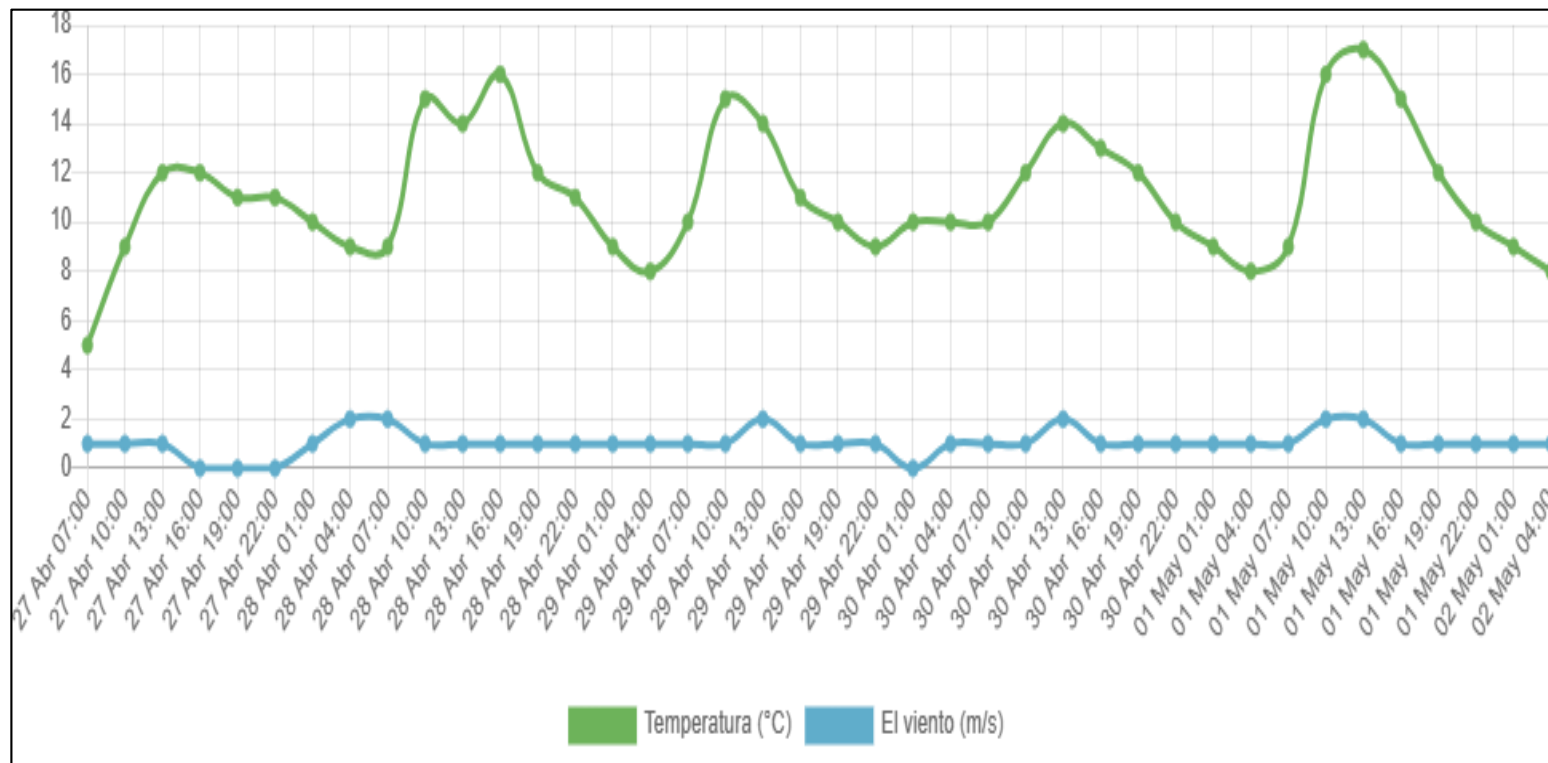
Se puede obtener que los valores más altos en la velocidad del viento fueron entre los meses de julio agosto y septiembre esto quiere decir el tercer trimestre de cada año con una velocidad máxima de 12,66 km/h en los últimos 5 años a partir del 2017, datos que son recopilados debido a que al ser una página de interés mundial no se encuentra actualizado en los años 2022 y el presente año 2023 los cuales no hay datos.

Velocidad de Viento



Comparativa de temperatura y velocidad del viento en la ciudad de Belisario Quevedo

en un intervalo de 5 días



Para la valoración de la energía que puede llegar a producir una turbina de generación eólica se tomará como ejemplo la EXMORK ZH500W, esto debido a que su uso no está sobredimensionado además de que se puede encontrar en el mercado nacional y muy presente en varias investigaciones a nivel nacional.



Estas características ayudarán a dimensionar la potencia generada por el viento a través del equipo, cabe recalcar que además de las características, se necesitan otros equipos, así como un Banco de baterías corrector de voltaje y otros, sin embargo, utilizando las características de este aerogenerador eólico se podría dimensionar la energía producida por el viento en esta zona.

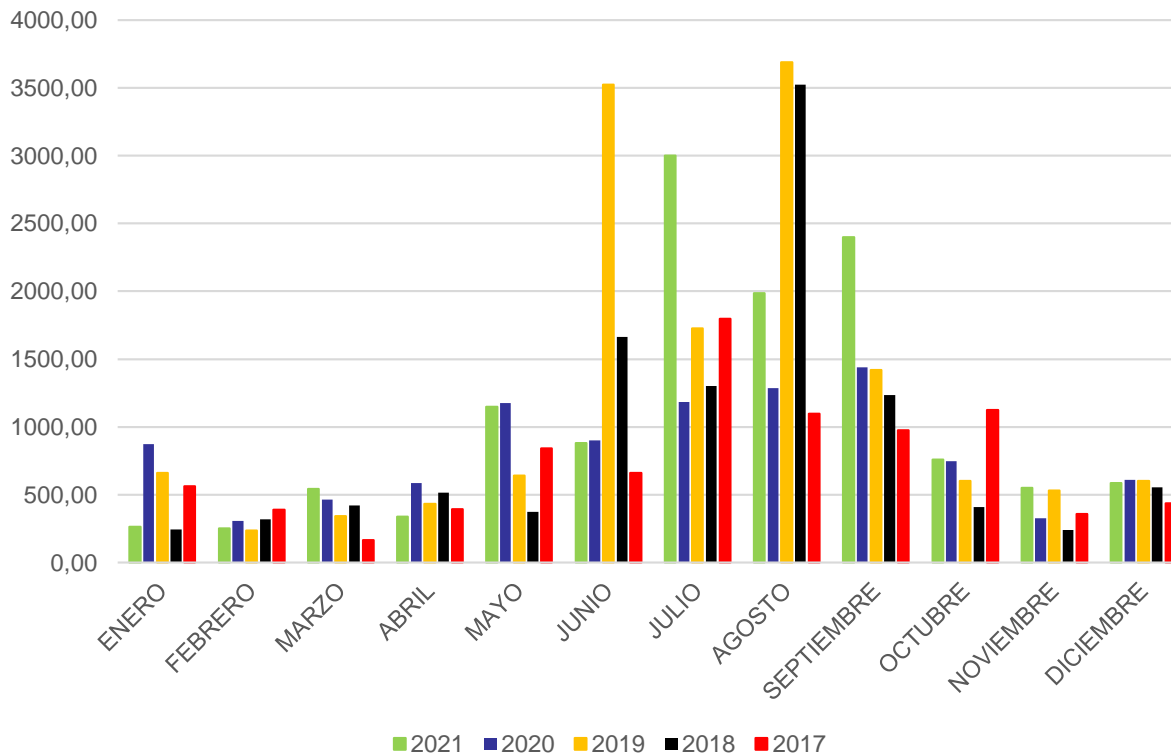


Datos del aerogenerador y viento en función de cada año

Meses	2021	2020	2019	2018	2017
Enero	263,04	872,63	661,67	243,98	561,55
Febrero	251,20	305,75	234,11	319,24	390,69
Marzo	541,85	465,45	341,99	418,72	163,45
Abril	336,64	586,84	433,23	515,52	392,65
Mayo	1148,18	1176,51	642,40	375,24	839,63
Junio	882,70	899,66	3524,90	1664,20	661,67
Julio	3001,92	1184,69	1726,66	1303,22	1796,08
Agosto	1986,36	1285,82	3688,49	3524,90	1096,77
Septiembre	2399,76	1438,71	1420,12	1234,56	976,83
Octubre	757,72	748,63	599,77	408,56	1124,26
Noviembre	551,64	327,86	532,17	238,31	358,36
Diciembre	586,84	610,24	599,77	554,11	437,44



Con los datos anteriores se puede realizar una gráfica de manera más visual en la que se observa que entre los meses de junio julio agosto y septiembre existe una mayor cantidad de producción de energía



Potencia generada en los meses de los últimos años



IMPLEMENTACIÓN DE CENTROS ALTERNATIVOS

La energía solar y eólica, por lo general se obtienen por medio de paneles solares y turbinas eólicas respectivamente, dicha energía es almacenada en bancos de baterías, que según sea el caso se deberá dimensionar de acuerdo a momentos de alta demanda. Además, esta combinación puede aportar una mayor estabilidad y fiabilidad al suministro de energía.

INVESTIGACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO CAMPUS UNIVERSITARIO

La investigación realizada requirió datos precisos para efectuar la implementación de energías híbridas, sin embargo, los datos son muy reservados por parte de la universidad y de carácter confidencial por lo que obtenemos un reporte del año 2019 indica que una universidad promedio, consume anualmente en torno a los 653 mil KW/h, siendo aproximadamente 113 KW/h al día, datos obtenidos por la Comisión Federal de Electricidad de México, entonces, acorde a datos referenciales obtenidos, se procede a realizar un dimensionamiento de los materiales a utilizar en esta investigación.



Para empezar con un análisis es importante considerar que cada semestre ingresan aproximadamente 540 estudiantes a primer nivel, sumando los 9 semestres que se cursan por cada carrera, se estima que existe un aproximado de 4860 estudiantes en el campus, por lo que se hace un número aproximado de los implementos que utilizarán los estudiantes y docentes que conlleven a un consumo energético, es importante considerar que en niveles superiores la mayoría de alumnos llevan un computador portátil, además, que 1 de cada 10 alumnos utilizarán un cargador de teléfono, entre otras varias aplicaciones, sin embargo, se realizará un dimensionamiento acorde a los datos

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Potencia Total
Laptop	45	65	2925
Conectores de carga	50	5	250
Cámaras vigilancia	03	12	36
Focos	15	15	225
Consumo Total (W)			3436

Potencia total aproximada de consumo diario dentro del campus



DIMENSIONAMIENTO REQUERIDO PARA LA ENERGÍA SOLAR

Para el respectivo análisis se tomó en consideración las mediciones de los potenciales eólico y solar por un periodo de tiempo analizado acorde al Capítulo 3, con diferentes años y meses de estudio, como fuentes alternativas de generación eléctrica; como ya se mencionó anteriormente, existen otras fuentes de generación no convencional como mareomotriz, geotérmica, hidráulica, biomasa que para la localización del punto de estudio no es aplicable.



Cálculo de la energía demandada

Considerando un intermedio de 10 am a 14 pm, como las horas pico en la ciudad de Latacunga, se podría considerar un trabajo de 4 horas a su máximo rendimiento dentro de un panel fotovoltaico, razón por la cual se ubicará de manera horizontal, o lo que es equivalente a 0 grados de inclinación, con la finalidad de que pueda recibir una radiación directa.

Cálculo del generador fotovoltaico

$$\frac{\text{Potencia diria}}{\text{horas pico solares}}$$

$$\frac{3436 \text{ W}}{4}$$

$$859 \text{ W}$$

Se pretende usar paneles solares de 400 watts de potencia, para lo que es necesario dividir el valor anteriormente obtenido de la Ecuación 4, para este valor ya obtenido.

$$\frac{859 \text{ W}}{400 \text{ W}}$$

$$2.1475 \approx 2 \text{ Paneles solares de } 400 \text{ W}$$



Cálculo de entrega de energía del panel fotovoltaico

Anteriormente se estableció que el panel tendrá 12 V o 24 V, que para este análisis se utilizarán los 24 V por un mejor análisis y dimensionamiento del sistema, se sabe que la $I_{m\acute{a}x}$. del panel = 0.8, mientras que la hora solar pico = 4.5; entre las interrogantes a indicar en la ecuación se tiene: energía del panel solar (E_p), voltaje nominal de la batería (V_{nbat}), corriente máxima del panel (I_{mp}) y hora solar pico (H_{sp}).

Cálculo de la cantidad de paneles solares

Para calcular el número de paneles solares, se implementará la Ecuación 6, donde se debe considerar: el número total de paneles fotovoltaicos (NTp), energía del panel (E_p) y energía del campo solar (E_{cs}).

$$NTp = \frac{E_{cs}}{E_p}$$

$$NTp = \frac{859 \text{ Wh/día}}{460.08 \text{ Wh/día}}$$

$$NTp = 1.867 \approx 2 \text{ paneles fotovoltaicos}$$



Cálculo para el dimensionamiento de baterías

Se debe considerar: la capacidad de la batería (Ct), número de días de autonomía (N) y promedio de descarga de la batería (Pfd).

$$Ct = \frac{N * Ed}{\eta_b * \eta_i * Vn_b * pfd}$$
$$Ct = \frac{5 * 3.436 \text{ kWh/día}}{0.8 * 0.8 * 24 \text{ V} * 0.75} = 1491.31 \text{ Ah}$$

El resultado de la ecuación, es implementar este tipo de panel solar, requerirá aproximadamente 5 baterías de 300 Ah

En este caso se considera un número menor de baterías, que ayudarán a un correcto funcionamiento del sistema dentro de la institución, sin embargo, se considera una eficiencia del 90% por la cantidad de cable integrado, de acuerdo a los datos investigados de las fuentes anteriormente mencionadas, en un día completo se estima implantar un sistema eólico de 3436 W, lo que correspondería a un aproximado de 2 aerogeneradores de 3.000W.



Selección de componentes

400W 24V MONOCRISTALINO



<u>Detalle</u>	SIMBOLO	VALOR
Max Power	(Pmax)	300W
Max Power Voltage	(Vmp)	1000V
Max Power Current	(Imp)	9.02A
Open Circuit Voltage	(Voc)	42.6V
Short Circuit Current	(Isc)	8.47A
Power Tolerance		±3%
Nominal Operating Cell	Temp (NOCT)	-40 a 90 °C

Turbina eólica de 3000W y 24V |



<u>Detalle</u>	SIMBOLO	VALOR
Max Power	(Pmax)	3000W
Max Power Voltage	(Vmp)	24V/48V/96V
Star wind speed	(m/s)	3
Rated wind speed	(m/s)	17
Survival wind speed	(m/s)	50
Material		Nylon Fiber
Power Tolerance		±3%
Nominal Operating Cell	Temp (NOCT)	-40 a 80 °C



Baterías e inversor

BATERÍA LIFEPO4

24 V 300 AH



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Costo para el desarrollo del sistema

ITEM	Descripción del equipo	Cantidad	Costo unitario	Subtotal
1	Panel Fotovoltaico Monocristalino 300W	2	\$ 320.00	\$ 640.00
2	Conectores de socket de paneles fotovoltaicos	10	\$ 12.00	\$ 120.00
3	Cable flexible # 10	20	\$ 1.00	\$ 20.00
4	Bases metálicas para paneles FV	2	\$ 80.00	\$ 160.00
5	Canaletas 0,15 x 0,05 x 2,4 m	10	\$ 7.00	\$ 70.00
6	Baterías 300Ah - 24V	10	\$ 640.00	\$ 6,400.00
7	Aerogenerador HUMMER min 2000	2	\$ 1,800.00	\$ 3,600.00
8	Mástil de acero accesorios de tensores	2	\$ 600.00	\$ 1,200.00
9	Controlador de carga Deming Fkj-B	1	\$ 5.80	\$ 5.80
10	Cabina de control y almacenamiento	1	\$ 1.80	\$ 1.80
<i>Inversión Total</i>				\$ 12,217.60



ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE AMBOS SISTEMAS

Según datos de costos, el valor que una universidad promedio paga de luz al mes es un estimado de 113 KW/h al día, siendo un consumo de 3390 KW/h al mes, considerando que en el país “Mediante la resolución ARCERNNR-009/2022 del 14 de abril, el Directorio de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR) estableció que la tarifa nacional promedio del servicio eléctrico se mantendrá en 9,2 centavos de dólar por cada kilovatio-hora (¢USD/kWh).”; Se estima que el costo mensual de la factura de electricidad es aproximadamente de \$311.88 dólares americanos. Sin embargo, es importante mencionar que este estudio no tiene en cuenta los laboratorios en funcionamiento dentro de la Universidad. (ARCESA, 24)

El costo con el que se realizó el análisis fue que la Universidad generaría 3.246 KW/h al día, que, aplicando la misma ecuación anterior, se determina que el ahorro de la Universidad sería de \$9,00 dólares americanos, al mes, para un cuarto destinado a la carga de equipos mencionados anteriormente.

Es decir, mensualmente la Universidad se ahorraría \$9,00 dólares americanos al mes, que según la consideración de la inversión de \$12,217.60 dólares americanos podría recuperar este valor en aproximadamente 113 años con 2 meses, considerando que el estado mantenga el subsidio de los \$375,00 dólares americanos mensuales según (Gobierno del Ecuador, 2022), por lo que es necesario considerar el caso que le retiren el subsidio a la Universidad, en este caso el valor que se ahorraría mensualmente serían \$19.85 dólares americanos, que para recuperar la inversión mencionada anteriormente se reduciría a 51 años con 3 meses, que aun así no resulta viable para la Universidad, razón por la que se ratifica que no es viable la implementación de centros alternativos de generación eléctrica.



CONCLUSIONES

De acuerdo a los análisis de las fuentes de energía adquiridos mediante los equipos de adquisición de datos eólico y solar se estima que existe mucha intermitencia en su potencial energético por lo que se considera que únicamente se pueden realizar implementaciones en el orden de pico generación.

En el diseño propuesto de la generación solar se estima una implementación de 4Kw esto porque existe una limitación de 2 horas como máxima eficiencia superior al 90% de la radiación considerada como nominal para que el panel entregue su potencia. La temperatura también influye en la eficiencia ya que las características técnicas establecen que debe trabajar a una temperatura de 25°C y la temperatura el sector varía de 15 a 20 °C.

No se puede exceder en la potencia instalada ya que aumentaría de manera exponencial el costo de implementación por el número de baterías y paneles fotovoltaicos manteniendo la misma eficiencia en diferentes horarios menor al 50%.



RECOMENDACIONES

Tener un estudio muy acercado a lo real de los recursos energéticos de cada sector que se desea implementar sistemas de micro generación no convencional ya que una variación en la disponibilidad energética puede minimizar la eficiencia del sistema y por lo tanto encarecer la implementación.

Para tomar decisiones con respecto a los estudios de potenciales energéticos es importante aumentar los tiempos de estudio de adquisición de datos reales del lugar a implementarse, mínimo a un año para tener una visión clara del comportamiento por estaciones y de ser necesario apoyarse de datos históricos hasta tres años atrás con datos adquiridos en la página de la NASA para que la implementación la correcta.

Se recomienda realizar un cronograma de actividades en las que se permita realizar un mantenimiento periódico, los mismos que ayudarían a mejorar el tiempo de duración de los equipos implementados.



**MUCHAS GRACIAS
POR VUESTRA
ATENCIÓN.**



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA