

ANÁLISIS DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-SOLAR PARA ABASTECER LA DEMANDA DE LABORATORIO DE CONTROL INDUSTRIAL

Francisco Javier Jaya Saragosin

fjjayas@istx.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8238-507X>

Instituto Superior Universitario Cotopaxi - Ecuador

Marco Antonio Caisa Yupangui

caisa601@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7143-5719>

Instituto Superior Universitario Cotopaxi - Ecuador

Juan Carlos Basantes Tisalema

jcbasantest@istx.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3301-4954>

Instituto Superior Universitario Cotopaxi - Ecuador

Recibido: 15/11/24

Aceptado: 15/12/24

Publicado: 01/01/25

RESUMEN

La ausencia de fuentes de energía renovable en el laboratorio de control industrial del Instituto Superior Universitario Cotopaxi genera altos costos operativos por la dependencia de la red eléctrica convencional, cuyos precios son variables e inciertos. Esta situación afecta económicamente a la institución y expone al laboratorio a posibles interrupciones del suministro eléctrico, comprometiendo la continuidad de prácticas estudiantiles. Además, el uso de generadores a combustión incrementa las emisiones contaminantes, afectando negativamente al medio ambiente y debilitando el rol institucional como modelo de sostenibilidad. Con base en un estudio técnico de condiciones locales, se analizaron los recursos renovables, energía solar-eólica. Los datos registrados indican una irradiación solar de 131 y 321,47 W/m² con una frecuencia solar promedio de 6 horas diarias, frente a velocidades de viento entre 1,75 y 4,32 m/s. En función de este análisis, se seleccionó un sistema fotovoltaico por su mayor viabilidad técnica y económica. El diseño incluye un inversor de 2500W para una carga estimada de 1840 W, respaldado por 4 paneles monocristalinos de 575W en paralelo, 2 baterías de 150Ah y un controlador de carga de 80A. Este sistema será controlado manualmente, fortaleciendo la eficiencia y sostenibilidad del laboratorio de control industrial.

PALABRAS CLAVE: sostenibilidad, operaciones energéticas, suministro eléctrico.

ANALYSIS OF A WIND-SOLAR HYBRID SYSTEM TO SUPPLY THE DEMAND OF AN INDUSTRIAL CONTROL LABORATORY ABSTRACT

The absence of renewable energy sources in the industrial control laboratory of the Cotopaxi Higher University Institute generates high operating costs due to dependence on the conventional electricity grid, whose prices are variable and uncertain. This situation affects the institution economically and exposes the laboratory to possible interruptions in the electricity supply, compromising the continuity of student internships. In addition, the use of combustion generators increases polluting emissions, negatively affecting the environment and weakening the institutional role as a model of sustainability. Based on a technical study of local conditions, renewable resources, solar-wind energy, were analyzed. The data recorded indicate a solar irradiance of 131 and 321.47 W/m² with an average solar frequency of 6 hours per day, compared to wind speeds between 1.75 and 4.32 m/s. Based on this analysis, a photovoltaic system was selected for its greater technical and economic feasibility. The design includes a 2500W inverter for an estimated load of 1840W, supported by 4 x 575W monocrystalline panels in parallel, 2 x 150Ah batteries and an 80A charge controller. This system will be controlled manually, strengthening the efficiency and sustainability of the industrial control laboratory.

KEY WORDS: sustainability, energy operations, electricity supply.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de este estudio surge ante la preocupación de la sostenibilidad y la crisis energética que enfrenta el Ecuador, donde los racionamientos de electricidad han evidenciado el requerimiento de optar por fuentes de energía renovable como una solución viable. La dependencia del suministro eléctrico tradicional afecta significativamente a las actividades que se desempeña en el laboratorio de control industrial del Instituto Superior Universitario Cotopaxi, impidiendo el desarrollo de prácticas académicas, ocasionando pérdidas en el conocimiento de los estudiantes. La implementación de un sistema fotovoltaico o eólico permitirá garantizar un suministro energético estable, reduciendo las interrupciones y mejorando la eficiencia operativa del laboratorio.

Este análisis no solo busca ofrecer una solución a la problemática actual, sino también posicionar la institución como un referente en la adopción de estrategias sostenibles, promoviendo el uso de energías limpias en el ámbito educativo. La presente investigación propone la evaluación de un sistema híbrido solar-eólico y basándonos en el sistema de generación como alternativa eficiente, económica y sostenible, maximizando su rendimiento y demostrando la viabilidad de estos sistemas como una matriz a la futura implementación del sistema favorable.

2. METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló en el laboratorio de control industrial del Instituto Superior Universitario Cotopaxi, situado en la parroquia de Tanicuchi, Ecuador. Para el análisis, se hizo un muestreo de datos técnicos obtenidos del centro meteorológico del instituto, con la recolección de datos, tabulación y análisis de datos obtenida, complementada con datos de irradiación, viento y sus derribados para evaluar la viabilidad de un sistema eficiente.

Así se determina que el sistema fotovoltaico es más factible para abastecer la demanda; incluyendo mediciones de consumo de energía eléctrica del laboratorio de control industrial, se utilizarán los recursos más favorables como un analizador de redes, un censo de carga en el laboratorio para su respectivo dimensionamiento del sistema.

Los recursos del centro meteorológico del Instituto Superior Universitario Cotopaxi, ayudaron para este caso de estudio. Por medio del software Rainwise se obtuvo datos de velocidad del viento y sus derribados e irradiación solar. Con la recolección de datos del año 2022 se procede a migrar información del software rainwise. Esta recolección de datos considera los factores más importantes para la generación de energía eólica y energía fotovoltaica.

Tabla 1

Migración de datos generales de software Rainwise del año 2022.

Tiempo	Año	Mes	Velocidad del viento [km/h]	Irradiación solar [w/m ²]
29/1/2022 7:00	2022	Enero	5.3	93
1/2/2022 12:00	2022	Febrero	10.2	719
2/3/2022 7:00	2022	Marzo	2.4	99
2/4/2022 11:00	2022	Abril	6.3	704
1/5/2022 2:00	2022	Mayo	7.5	0
1/6/2022 15:00	2022	Junio	10.3	456
1/7/2022 7:00	2022	Julio	0.7	88
1/8/2022 7:00	2022	Agosto	2.4	90
29/9/2022 7:00	2022	Septiembre	5.4	87
30/10/2022 0:00	2022	Octubre	4.2	0
8/11/2022 14:00	2022	Noviembre	11.1	1100
1/12/2022 11:00	2022	Diciembre	5.8	906

Fuente: autoría propia.

Tabulación de datos. Para la tabulación y análisis se filtraron los datos más relevantes del año 2022 del centro meteorológico de la institución. Posteriormente, se genera una hoja de Excel general, con todos los datos a utilizar para facilitar la tabulación con los datos de irradiación solar, velocidad, del viento y sus derivados.

Tabla 2

Tabulación de datos específicos de año 2022.

Meses del 2022	Velocidad máxima del viento [km/h]	Velocidad mínima del viento [km/h]	Velocidad media del viento [km/h]	Dirección del viento [°]	Irradiancia solar máxima [w/m ²]	Irradiancia solar media [w/m ²]
Enero	5,3	0.0	3.9	157	1120	132
Febrero	5	0.0	4.8	337	1172	147
Marzo	4,8	0.0	3.7	225	1182	127
Abril	4	0.0	2.0	177	1125	124
Mayo	5,2	0.0	3.7	243	1090	132
Junio	5,2	0.0	4.4	157	970	130
Julio	4,2	0.0	5.7	222	1002	137
Agosto	5,5	0.0	4.8	350	1037	130
Septiembre	5	0.0	5.2	7	1101	134
Octubre	0,9	0.0	6.3	292	1148	131
Noviembre	2,1	0.0	6.6	45	1080	146
Diciembre	5,6	0.0	3.2	180	1049	133

Fuente: autoría propia.

De acuerdo a la Tabla 2, se determina los valores de irradiación solar y velocidad del viento con sus derivados por cada mes, obteniendo los valores máximos y medios de cada factor a medir y así determinar cuál es el sistema más favorable para el desarrollo de este estudio.

El levantamiento de datos consiste en recopilar información sobre los equipos eléctricos, horarios de uso y configuración del laboratorio. La Tabla 3 incluye nombre, cantidad, potencia de los equipos y carga instalada, necesaria para identificar las cargas eléctricas del laboratorio, permitiendo determinar la demanda a instalar.

Tabla 3

Levantamientos de cargas existentes en el laboratorio de control industrial.

Levantamiento de cargas existentes				
Item	Equipos	Cant	Pn [w]	Ci [w]
1	Motor trifásico	4	100	400
2	Motor trifásico	1	745,6	746
3	Motor trifásico	1	372,8	373
4	Motor trifásico	1	277	277
5	Motor trifásico	1	544,9	545
6	Iluminación Laboratorio	6	60	360
7	Televisión	1	450	450
8	Video vigilancia	1	7	7
9	Router	1	10	10
10	Hmi	6	6,8	41
11	Plc	6	50	300
12	As	6	32	192
13	Logo	6	38	228
14	Vdf	6	50	300

Fuente: autoría propia.

El protocolo con el analizador de redes es fundamental para la obtención de datos precisos sobre el comportamiento eléctrico del laboratorio. Este proceso abarca la selección estratégica de puntos de medición en el tablero principal, la instalación del equipo conforme a las especificaciones del fabricante y con las medidas de seguridad. Además, incluye el registro de parámetros eléctricos como voltaje, corriente y potencia, la ejecución de mediciones continuas durante un período representativo de una semana y el análisis de los datos mediante el software Metrel PowerView 3. Este análisis permite determinar la demanda máxima, el perfil de carga y posibles problemas de calidad de energía.

3. RESULTADOS

Análisis de la demanda requerida del laboratorio de control industrial

La demanda requerida para el laboratorio es importante para el dimensionamiento del sistema eléctrico del laboratorio y asegurar un suministro eficiente. Se analizan los parámetros eléctricos con un analizador de redes y se lleva a cabo un censo de carga. Con esta información, se estima la demanda total y se determina la capacidad del sistema renovable a futura implementación.

Tabla 4

Registro de medidas con el analizador de redes.

Registro de mediciones de voltaje, corriente y potencias			
U. Medición	L1	L2	L3
Tensión [V]	124,62	125,83	125,27
Corriente [A]	0,58	0,27	0,43
Potencia [P]	72,28	33,97	53,86

Fuente: autoría propia.

La corriente es mínima en el laboratorio, porque no está al 100% operable, por motivos de cortes de energía por lo cual se realiza un censo de carga. El censo de carga implica identificar y clasificar cargas eléctricas en el laboratorio, para la demanda instalada y planificar futuras expansiones como se indica en la Tabla 5.

Tabla 5

Censo de carga del laboratorio de control industrial.

Censo de carga del laboratorio de control industrial.								
Item	Equipos	Cant	Pn [w]	Ci [w]	Ffun [%]	Cir [w]	Fsn [%]	Dmu [w]
1	Motor trifásico	4	100	400	100%	80	75%	28
2	Motor trifásico	1	745,6	746	20%	149	35%	52
3	Motor trifásico	1	372,8	373	20%	75	35%	26
4	Motor trifásico	1	277	277	20%	55	35%	19
5	Motor trifásico	1	544,9	545	50%	272	80%	218
6	Iluminación laboratorio	6	60	360	80%	288	100%	288
7	Televisión	1	450	450	25%	113	25%	28
8	Video vigilancia	1	7	7	100%	7	100%	7
9	Router	1	10	10	100%	10	100%	10
10	HMI	6	6,8	41	35%	14	50%	7
11	PLC	6	50	300	50%	150	50%	75
12	AS	6	32	192	50%	96	50%	48
13	LOGO	6	38	228	5%	11	50%	6
14	VDF	6	50	300	50%	150	50%	75

Jaya Saragosin, F., Caisa Yupangui, M. y Basantes Tisalema, J. (2025). Análisis de un sistema híbrido eólico-solar para abastecer la demanda de laboratorio de control industrial.

Revista Cotopaxi Tech, 5(1), 89-105. <http://ojs.isuc.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/177>
enero - junio (2025) ISSN 2806-5573

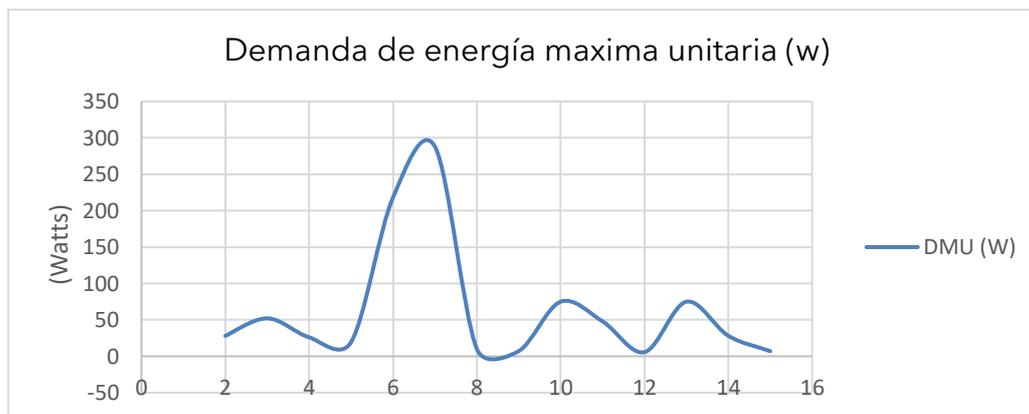
Totales			1471w	888w
Resultados: de acuerdo a lo calculado realizado se ha determinado una demanda de 0,96KVA de la demanda requerida para su funcionamiento del laboratorio y considerando a cargas futuras la demanda de 1,5KVA.				
Factor de potencia=	0,92	Factor de	= $\frac{d m u}{C I R}$ =	$\frac{888}{1471}$ 0,60
De la carga fp		Demanda fdm		
		DMU (kva)	=	0,96
N. Usuarios:	1			
Fd =	1			
DD (kva) =	0,96			
Nota: (1): El factor de demanda FDM para el usuario comercial representativo debe ser máximo 0,60.				

Fuente: autoría propia.

En la Figura 1 se observa la curva de demanda energética máxima en el laboratorio de control industrial.

Figura 1

Demanda de energía máxima unitaria.



Fuente: autoría propia.

Análisis de sistema eólico

Con la tabulación presentada se puede determinar la velocidad del viento, factor principal para la generación de energía eólica. Para ello, se determina la zona en donde está ubicada la institución (zona alta por el hecho de estar en una altura considera de 2850 msnm), pero con el gran desafío de enfrentar turbulencia de viento, factor que afecta a la generación eólica por tener corrientes de viento muy fuerte que afectará a la estructura del aerogenerador con direcciones de vientos muy variables. Esto conlleva choques de corrientes de viento que son puntos desfavorables para el sistema.

Tabla 6

Tabulario de datos del viento para análisis de aerogenerador.

Meses del año 2022	Análisis de valores máximos y mínimos de velocidad del viento extraídos de la estación meteorológica.	
	Valores media [m/s]	
Enero	2,19	
Febrero	2,44	
Marzo	1,86	
Abril	1,94	
Mayo	2,69	
Junio	2,33	
Julio	3,53	
Agosto	3	
Septiembre	2,83	
Octubre	1,75	
Noviembre	1,83	
Diciembre	2	

Fuente: autoría propia.

De acuerdo a la tabulación, con los datos se puede realizar los respectivos cálculos utilizando la regla de Sturges, para la obtención de la frecuencia absoluta de la velocidad del viento que será el valor absoluto.

Fórmula de regla de Sturges (ayuda con la cantidad de intervalos).

$$K = 1 + 3,3 * \log (N)$$

$$K = 1 + 3,3 * \log (24)$$

$$K = 5,55$$

$$K = 6 \text{ intervalo}$$

Fórmula de rango de conjuntos (se utiliza el pico más alto y el más bajo).

$$R = Vmax - Vmin$$

$$R = 57,6 - 6$$

$$R = 51,3 \text{ rango}$$

Fórmula de amplitud de cada intervalo (ayuda a saber el rango de cada intervalo).

$$A = \frac{R}{K}$$

$$A = \frac{51,3}{5,55}$$

$$A = 9,23 \text{ amplitud intervalo}$$

Una vez realizados los cálculos, se puede determinar con qué frecuencia fluctúa el viento en el sector. Bajo ese valor, se realizan los cálculos de dimensionamiento, al ser eficiente el sistema como se muestra en la tabla 7.

Jaya Saragosin, F., Caisa Yupangui, M. y Basantes Tisalema, J. (2025). Análisis de un sistema híbrido eólico-solar para abastecer la demanda de laboratorio de control industrial.

Revista Cotopaxi Tech, 5(1), 89-105. <http://ojs.isuc.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/177>
enero - junio (2025) ISSN 2806-5573

Tabla 7

Tabulación de intervalos de la velocidad del viento con su porcentaje.

Intervalo de frecuencia		Frecuencia	Porcentaje de frecuencia	
[m/s]	[m/s]			
1,75	+ 9,2	4,32	12	57%
4,31	+ 9,2	2,89	0	0%
6,89	+ 9,2	1,44	0	0%
4,44	+ 9,2	3	0	0%
3,00	+ 9,2	4,58	6	29%
3,58	+ 9,2	5,14	3	14%
Total			21,00	100%

Fuente: autoría propia.

Figura 2

Estadísticas de frecuencia del viento.



Fuente: autoría propia.

Análisis de sistema fotovoltaico

El análisis de la irradiación solar indica que los paneles fotovoltaicos pueden operar eficientemente durante 6 horas diarias. La institución se encuentra en la región de la cordillera, a una altitud aproximada de 2508 msnm, lo que favorece una mayor captación de radiación solar, incluso en días nublados. Según el Plan Maestro de Electricidad de CELEC, las condiciones geográficas prestan para la generación fotovoltaica sea una alternativa altamente eficiente como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8

Análisis de datos de irradiación solar para sistema fotovoltaico.

Meses del año 2022	Análisis de valores máximos y mínimos de irradiación del sol extraídos de la estación meteorológica	
	Valores máximos [W/m ²]	Valores mínimos [W/m ²]
Enero	1120	132
Febrero	1172	147
Marzo	1182	127
Abril	1125	124
Mayo	1090	132
Junio	970	130
Julio	1002	137
Agosto	1037	130
Septiembre	1101	134
Octubre	1148	131
Noviembre	1080	146
Diciembre	1049	133

Fuente: autoría propia.

De acuerdo a la tabulación realizada, se ejecutan cálculos utilizando la fórmula de regla de Sturges. Se obtiene la frecuencia absoluta de la irradiación que será con el valor que trabajará el sistema fotovoltaico más favorable para el abastecimiento de laboratorio.

Fórmula de regla de Sturges (ayuda con la cantidad de intervalos).

$$K = 1 + 3,3 * \log (N)$$

$$K = 1 + 3,3 * \log (24)$$

$$K = 5,55$$

$$K = 6 \text{ intervalo}$$

Fórmula de rango de conjuntos (se utiliza el pico más alto y el más bajo).

$$R = V_{\max} - V_{\min}$$

$$R = 1182 - 124$$

$$R = 1058 \text{ rango. interv}$$

Fórmula de amplitud de cada intervalo (ayuda a saber el rango de cada intervalo).

$$A = \frac{R}{K}$$

$$A = \frac{1058}{5,55}$$

$$A = 190,5 \text{ amplitud intervalos}$$

Una vez realizados los cálculos, se puede determinar qué frecuencia se tiene la irradiación en el sector. Bajo ese valor poder realizar la tabulación favorable del sistema solar.

Tabla 9

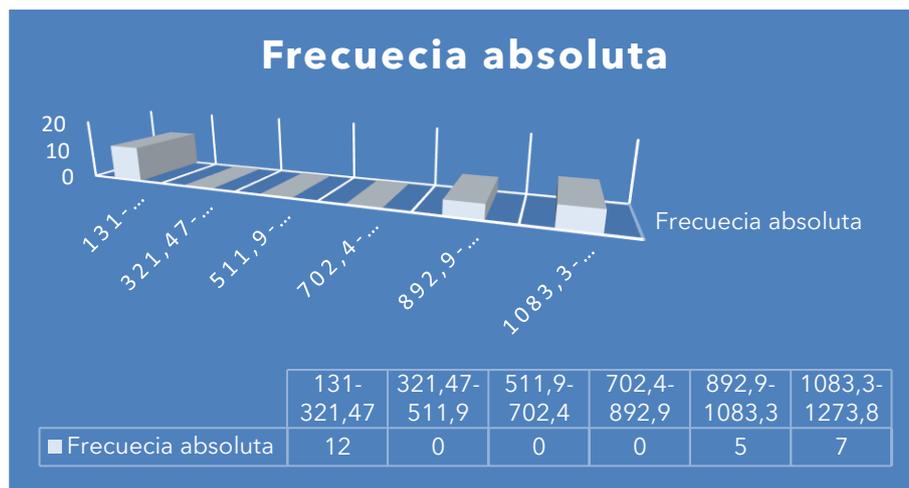
Tabulación de intervalos de irradiación solar con sus porcentajes.

[w/m ²]	Intervalo de frecuencia [w/m ²]	Frecuencia	Porcentaje de frecuencia	
131	+ 190,5	321,47	12	50%
321,5	+ 190,5	511,9	0	0%
511,9	+ 190,5	702,4	0	0%
702,4	+ 190,5	892,9	0	0%
892,9	+ 190,5	1083,3	5	21%
1083,3	+ 190,5	1273,8	7	29%
		Total	24,00	100%

Fuente: autoría propia.

Figura 3

Estadísticas de frecuencia de irradiación solar.



Fuente: autoría propia.

Selección de sistema eficiente para abastecer demanda de energía

El sistema más eficiente en esta ubicación geográfica, es el sistema fotovoltaico. De acuerdo a la eficiencia del sistema y la demanda del laboratorio se requiere generar 1.5KVA para el abastecimiento de la demanda requerida.

$$P=S(kVA)\times 1000\times FP$$

$$P=1,5\times 1000\times 0,92$$

$$P=1380W$$

El análisis del sistema fotovoltaico, basado en la tabulación de datos del año 2022, indica que la irradiación solar permite una generación efectiva durante 6 horas diarias. Se observó que en ciertos meses la radiación solar está disponible desde las 06:00 hasta las 18:00, asegurando la viabilidad del sistema para satisfacer la demanda energética del laboratorio de control industrial. Para ello, es fundamental un dimensionamiento adecuado de los paneles solares, considerando una demanda de 1380 W.

El cálculo se determina una pérdida de 25% de energía generada, debido a equipos electrónicos con un consumo de 1380W en el laboratorio, es decir, por las pérdidas se debe elevar su demanda a 1840W.

$$E. requerida = \frac{\text{Consumo diaria } W}{\text{Factor de pérdida}}$$

$$E. requerida = \frac{1380 \text{ W}}{0.75}$$

$$E. requerida = 1840 \text{ Wh}$$

Para el cálculo de baterías se trabajó con la demanda requerida por el laboratorio (1840wh) y con una autonomía estimada de baterías de 1d/h, con una eficiencia de inversor de 90% su factor de descarga de 80% y con una eficiencia de 0,8. Para el dimensionamiento, se usaron baterías de litio de 150Ah de 12AC.

Dimensionamiento de banco de baterías.

$$C = \frac{\frac{\text{Consumo AC}}{\text{Eficiencia de inversor}}}{V_{cc}}$$

$$C = \frac{1840 \left(\frac{\text{wh}}{\text{día}}\right)}{0,9}$$

$$C = \frac{170,37 \left(\frac{\text{Ah}}{\text{día}}\right)}{12 \text{ V}}$$

$$C = 170,37 \left(\frac{\text{Ah}}{\text{día}}\right)$$

Corrientes pico requerido por el sistema.

$$I_{pico} = \frac{\text{Dimensionamiento de batería}}{\text{HSE} * \text{Eficiencia de batería}}$$

$$I_{pico} = \frac{170,37 \left(\frac{\text{Ah}}{\text{día}}\right)}{6 \text{ (h)} * 0,8}$$

$$I_{pico} = 35,49 \text{ A}$$

Factor de descarga de baterías.

$$\text{Factor de descarga} = \frac{\text{Autonimi. } b \text{ (Ah)}}{\text{Factor de descarga máxima}}$$

$$\text{Factor de descarga} = \frac{170,37 \text{ (Ah)}}{0.8}$$

$$\text{Factor de descarga} = 212,96 \text{ Ah}$$

Número de baterías.

$$\begin{aligned} \text{Número. } b &= \frac{\text{Factor de descarga}}{\text{Batería común en el mercado}} \\ \text{Número. } b &= \frac{212,96 \text{ Ah}}{150 \text{ Ah}} \\ \text{Número. } b &= 1,42 \\ \text{Número. } b &= 2 \end{aligned}$$

Se determinó la cantidad de baterías, aproximando a 2 con una conexión en paralelo.

El dimensionamiento de los paneles se realizó con base en la demanda energética de 1840Wh, considerando posibles incrementos de carga futuras. Para esto, se seleccionan módulos fotovoltaicos de 575W, con una corriente máxima potencia (Imp) de 14,83 A, asegurando que la generación se ajuste a la demanda.

$$\begin{aligned} \text{Número de paneles} &= \frac{I_{\text{pico}} (A)}{I_{\text{mp}} (A)} \\ \text{Número de paneles} &= \frac{35.49 \text{ A}}{14.83 \text{ A}} \\ \text{Número de paneles} &= 2,39 \\ \text{Número de paneles} &= 3 \end{aligned}$$

En el cálculo se determinó que se tomará en cuenta 4 paneles solares de 575W, con una conexión en paralelo, en el cálculo se utiliza el Ipico de la batería y la Imp del panel solar.

En cálculo de controlador de carga se tendrá un factor de seguridad de 1.25, que no ayuda a su dimensionamiento.

$$I_{\text{pico controlador. } C} = I_{\text{sc}} \times N. \text{ panls} \times \text{Factor de seguridad}$$

$$I_{\text{pico controlador. } C} = 15,90 \times 4 \times 1,25$$

$$I_{\text{pico controlador. } C} = 79.05$$

En este cálculo realizado se determinará el inversor (senoidal pura) que suministrará la potencia requerida por el laboratorio, inicialmente con los 1380w de demanda calculada, con un cálculo de sobredimensión 25% para cargas futuras.

$$P. \text{ inversor} = P_{\text{total}} \times 1.25$$

$$P. \text{ inversor} = 1380 \times 1.25$$

$$P. \text{ inversor} = 1725 \text{ W.}$$

En este contexto, la consideración de protecciones es esencial para garantizar la seguridad y continuidad operativa del sistema. Para ello, se ha considerado el amperaje del controlador como referencia, cuyo valor calculado es

de 79.05 A, seleccionándose un dispositivo de protección comercial de 80 A para asegurar la estabilidad y seguridad del sistema ante posibles fallas.

En este estudio, se ha determinado todos los equipos, bajo los respectivos cálculos en donde se obtuvo características de cada elemento requerido para el sistema a implementar.

Tabla 10

Equipos requeridos para SFV.

Equipos requeridos para sistema fotovoltaico			
Ítem	Equipo	Cantidad	Características técnicas
1	Paneles solares monocristalinos	4	575 Wp-12V
2	Batería de litio	2	150Ah-12V-6000ciclos
3	Inversor senoidal	1	2000W-60Hz-12V-0,91Fp-120V/240V
4	Selector manual	1	80A-220V-60Hz
5	Controlador de carga	1	80A-220V-60Hz
6	Protecciones de sistema	1	80A-220V-60Hz

Fuente: autoría propia.

Para la planificación de la futura implementación, se debe considerar la ubicación adecuada de los paneles solares, garantizando accesibilidad para su instalación y mantenimiento. Se ha proyectado su montaje en la cubierta del laboratorio, realizando un cálculo del área requerida en función de las dimensiones comerciales de los paneles solares, aproximadamente 1,6m.*1,0m.*0,035m. por panel solar. El desarrollo del sistema fotovoltaico se requiere una superficie de 7.72M para su futura implementación.

$$\begin{aligned}
 & \text{Altura: } 1956 \text{ ancho: } 992 \times 40 \text{ mm} & \text{Factor de seguridad: } 1.25 \\
 & \qquad \qquad \qquad 1.95 \text{ cm} \quad 0.99 \text{ cm} \\
 & 1.95 \text{ cm} \times 1 = 1.95 \text{ cm} & \text{superficie total paneles} = 7.72 \text{ m}^2 \\
 & \qquad \qquad \qquad 0.99 \text{ cm} \times 4 = 3.96 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Para la instalación de los paneles, se debe considerar un ángulo de inclinación óptimo, considerado por la latitud del sitio de estudio. Esta inclinación adecuada maximiza captación de los rayos del sol, mejorando la eficiencia en la generación de energía fotovoltaica.

$$\begin{aligned}
 \beta &= |\phi| + 10 \\
 \beta &= |0| + 10 \\
 \beta &= 10^\circ \\
 \beta &= 10^\circ
 \end{aligned}$$

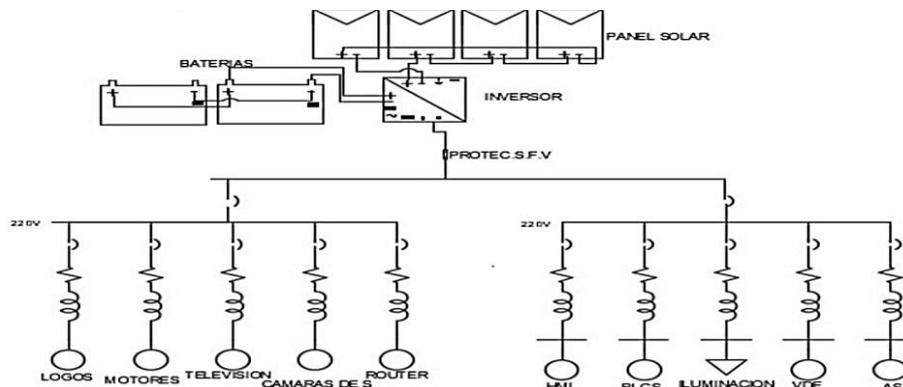
Los tipos de soportes o herrajes a utilizar deben ser anticorrosivos o de aluminio, debido a que los elementos se van a encontrar siempre a la intemperie,

en donde puede afectar el factor de oxidación corrosión y tenga un rápido deterioro de los elementos.

En este panorama, se debe conocer las condiciones de superficie a instalar. Esto se debe a los factores que pueden afectar en el transcurso del tiempo, porque los paneles deben ir todos a un mismo nivel. Lo crucial es dejar cero filtraciones de agua en la superficie instalada. La futura instalación del sistema fotovoltaico debe tener los herrajes de anclaje al techo, un aislamiento de caucho no permitiendo la filtración de agua y la evaluación de posibles sombras que impidan la penetración directa de los rayos del sol en los paneles solares. Así, se ha podido evaluar en el sitio que no existen obstáculos que puedan imponer la penetración del sol en los paneles. Estas características técnicas están basadas en un plano de conexión llamado plano unifilar, este ayuda a comprender la distribución de las cargas instaladas para el estudio.

Figura 4

Diagrama unificación de SFV.



Fuente: autoría propia.

4. DISCUSIÓN

Se investigó en medios bibliográficos, enriqueciendo el conocimiento de las diferentes fuentes de energías renovables, aportando estrategias para la selección del sistema que se adoptará para la futura implementación. Se determinó que el sistema fotovoltaico es el más óptimo para el suministro de energía, aportando al desarrollo de generación de energías limpias, contribuyendo al medio ambiente en su generación.

El sistema fotovoltaico aprovecha la luz del sol en la zona de análisis. Se obtuvo un intervalo de frecuencia de irradiación más repetitiva de 131 a 321.47W/m² en todo el transcurso del año. Un buen dimensionamiento del sistema fotovoltaico ayudará a satisfacer el abastecimiento de demanda requerida, tomando en cuenta que este dimensionamiento está proyectado para el incremento de pequeñas cargas denominadas cargas futuras.

En comparación al trabajo investigativo de Llumiquinga, se utiliza de la misma manera un centro meteorológico instalado en la extensión UTC Salache,

Jaya Saragosin, F., Caisa Yupangui, M. y Basantes Tisalema, J. (2025). Análisis de un sistema híbrido eólico-solar para abastecer la demanda de laboratorio de control industrial.

Revista Cotopaxi Tech, 5(1), 89-105. <http://ojs.isuc.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/177>
enero - junio (2025) ISSN 2806-5573

donde se realizó un estudio con datos de poca relevancia, como la humedad, siendo información poco favorable para la realización del análisis del viento y el sol. De acuerdo al análisis obtuvieron una frecuencia de viento y sol de 0.9 a 1.5M/s y 310W/ m² en el sector de Salache, considerando que en la zona de estudio es una zona muy baja rodeada de montañas (Llumiquina, 2023).

Adicional, se tuvo un levantamiento de datos de cargas existentes, donde se pudo obtener el resultado de 47 cargas de diferentes consumos de energía en el laboratorio, se puede obtener como resultado un consumo de 1840 Wh considerando sus pérdidas del sistema.

En contraste con Villao (2021), al momento de realizar el cálculo de los paneles solares para el abastecimiento de la demanda, no se considera la pérdida que puede haber en el sistema, tomando en cuenta que el inversor es un aparato electrónico que tiene consumos. Esto genera pérdida, puesto que el mencionado proyecto tiene una demanda total de 1360W, sin considerar las pérdidas que pueda existir en el sistema. De acuerdo al cálculo que se desarrolla de pérdidas en el sistema, se genera una demanda de 1813W.

Con relación al consumo, se determina en los cálculos la utilización de 4 paneles solares, con su potencia de 575W, conectados en paralelo, con un bajo porcentaje de arranque de motores. En estos paneles irá un inversor de 2500W, con una potencia total que arrojarán los 4 paneles solares como un grupo de respaldo de energía para 2 baterías de litio de la capacidad de 154Ah. Por otro lado, el cálculo de dimensionamiento de los paneles de Villao (2021) es diferente. De acuerdo a este cálculo, se utilizarán 2 paneles solares monocristalinos de 405W con una conexión en serie.

5. CONCLUSIONES / CONSIDERACIONES FINALES

Se efectuó el análisis del sistema híbrido, con las tabulaciones de la velocidad del viento y la irradiación solar, con datos de la estación meteorológica del Instituto Superior Universitario Cotopaxi. La irradiación solar frecuente que incide sobre el sector es de 321.47 (Wh/m²/día), mientras que la velocidad del viento alcanza valores de 4.32(M/s). Estos datos permiten considerar un sistema favorable a realizar.

Mediante el análisis de la necesidad energética del laboratorio, se identificó un consumo de 1840Wh. Se determinó que la futura implementación de sistema fotovoltaico reducirá la dependencia de la red eléctrica, disminuyendo costos operativos. Con base en los datos, el sistema fotovoltaico es factible en este sector ya que los niveles de irradiación son los adecuados para generar energía eléctrica.

La transición hacia un sistema energético más sostenible es una necesidad urgente y proyectos como este demuestran que es posible optimizar el uso de los recursos renovables, generando beneficios económicos para el laboratorio y fomentando una formación más consiente en gestión eficiente de la energía.

6. REFERENCIAS

- Alberto, C. P. (2014) *Cálculo y diseño de sistema solar fotovoltaico para uso doméstico*.
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/6924/TESINA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Grupo Alce, SAS. (s. f.). *Estaciones meteorológicas RainWise*.
<https://grupalcesas.com/index.php/productos/estaciones-meteorologicas-rainwise>
- Instrumentación, P. I. S. (2024, 21 noviembre). *Analizador de redes eléctricas | PCE Instruments*.
https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/analizador-de-redes-el_ctricas-kat_162757.htm
- Ladrod, J. A. L. G. (s. f.). *Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada*.
https://oa.upm.es/52204/1/PFC_JORGE_ALVARADO_LADRON_DE_GUEVARA.pdf
- Lluiquina, F. (2023). *Análisis de potencial solar y eólico en la estación meteorológica del sector Salache* [Tesis de grado]. Universidad Técnica de Cotopaxi. <https://repoadmin.utc.edu.ec/items/b19df6c2-20dc-4429-afd6-b0ce71426c59>
- Villao, M. O. J., & Consuegra Mite, E. R. (2021). *Dimensionamiento óptimo de un sistema fotovoltaico a través de herramientas computacionales en zonas aisladas* [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21324/1/UPS-GT003492.pdf>