



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TESIS DE GRADO PREVIA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

TEMA:

“ANÁLISIS DEL POTENCIAL EÓLICO Y SOLAR PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN BASE AL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS EN EL PÁRAMO CHALUPAS, PERIODO 2015.”

AUTORES:

- Hervas Moreira Jhonatan Alberto
- Moscoso Noroña Miguel Fernando

DIRECTOR DE TESIS:

- Mg. C. Ing. Álvaro Santiago Mullo

ASESOR METODOLÓGICO DE TESIS:

- Dr. Galo Patricio Terán Ortiz

LATACUNGA – ECUADOR

2015



AUTORÍA

Los criterios emitidos en el presente trabajo de investigación **“ANÁLISIS DEL POTENCIAL EÓLICO Y SOLAR PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN BASE AL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS EN EL PÁRAMO CHALUPAS, PERIODO 2015.”** como también ideas, análisis, cálculos, conclusiones, recomendaciones, ejecución del proyecto, uso bibliográfico, planos, manuales de operación y mantenimiento, anexos y demás son de exclusiva responsabilidad de los autores, dando la respectiva cita y validez por uso de información de los mismos.

Jhonatan Hervas Moreira
C.I. 050276827-8

Miguel Moscoso Noroña
C.I. 050181472-7



AVAL DE DIRECTOR DE TESIS

Yo, Ing. Álvaro Mullo en calidad de Director de Tesis y cumpliendo con expuesto en el capítulo IV, Art. 9, literal f: del reglamento de graduación en el nivel de pregrado de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

INFORMO QUE: el grupo de postulantes conformado por los Sres. Jhonatan Alberto Hervas Moreira y Miguel Fernando Moscoso Noroña, egresados de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; han desarrollado su trabajo de investigación previo a la obtención del Título de Ingenieros en Electromecánica con el tema:

“ANÁLISIS DEL POTENCIAL EÓLICO Y SOLAR PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN BASE AL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS EN EL PÁRAMO CHALUPAS, PERIODO 2015.”

En virtud de lo antes expuesto considero que los egresados se encuentran habilitados para presentarse al acto de la defensa de tesis.

Latacunga, 30 de Noviembre del 2015

Mg. C. Ing. ÁLVARO SANTIAGO MULLO QUEVEDO

Director de Tesis



AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO DE TESIS

Yo, Dr. Galo Terán en calidad de Asesor Metodológico de Tesis y cumpliendo con expuesto en el capítulo **IV**, **Art. 9**, literal f: del reglamento de graduación en el nivel de pregrado de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

INFORMO QUE: el grupo de postulantes conformado por los Sres. Jhonatan Alberto Hervas Moreira y Miguel Fernando Moscoso Noroña, egresados de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; han desarrollado su trabajo de investigación previo a la obtención del Título de Ingenieros en Electromecánica con el tema:

“ANÁLISIS DEL POTENCIAL EÓLICO Y SOLAR PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN BASE AL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS EN EL PÁRAMO CHALUPAS, PERIODO 2015.”

En virtud de lo antes expuesto considero que los egresados se encuentran habilitados para presentarse al acto de la defensa de tesis.

Latacunga, 30 de Noviembre del 2015

Dr. Galo Patricio Terán Ortiz

Asesor Metodológico de Tesis

CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN

Yo, Velozo Cantuña Juan de Dios portador de C.I. 170339552-3, en mi calidad de Propietario de tierras en tengo a bien CERTIFICAR que los señores Hervas Moreira Jhonatan Alberto, portador de la cédula de ciudadanía N° 050276827-8 y Moscoso Noroña Miguel Fernando portador de la cédula N° 050181472-7, realizaron el **“ANÁLISIS DEL POTENCIAL EÓLICO Y SOLAR PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN BASE AL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS EN EL PÁRAMO CHALUPAS, PERIODO 2015.”**

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando a los interesados hacer uso del presente en la forma que estimen conveniente a sus intereses, siempre y cuando se use en forma legal.

Emito esta certificación al mes de Agosto del dos mil quince.

Juan de Dios Velozo
Propietario

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que de uno u otra manera aportaron con un granito de arena, para la ejecución de esta tesis, en especial a mi familia por el empuje y aliento en la elaboración del proyecto.

A la prestigiosa alma mater, la Universidad Técnica de Cotopaxi, por darme la oportunidad de alcanzar un objetivo más en mi vida, de igual manera a los Docentes con mucha estima y aprecio quienes impartieron sus conocimientos y experiencias para alcanzar un mejor porvenir.

Agradezco al Ing. Álvaro Mullo por ayudarnos con sus conocimientos, consejos e impulsar el desarrollo de este proyecto desde sus inicios.

Jhonatan Alberto Hervas Moreira

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y quiero expresar mis sinceros agradecimientos también a:

La Universidad Técnica de Cotopaxi, a la Carrera de Ingeniería Electromecánica, a mis Maestros y Maestras por haberme permitido ingresar a las aulas y ser parte de esta casa del saber para mi Formación profesional.

A toda mi familia por formar parte en mi vida ya que de una u otra forma fueron mí apoyo y motivación para continuar con mi carrera y ahora gracias a todos ellos he llegado a cumplir mi meta.

A mis amigos y compañeros de estudio con quienes compartí momentos de inmensas alegrías siempre los llevare en mi corazón.

Miguel Fernando Moscoso Noroña

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios que me ha guiado por el buen camino, brindado sabiduría, por darme la fuerza necesaria para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban y q se presentan en la vida diaria.

Con mucho amor le dedico a mi querida madre la elaboración de esta tesis, por su apoyo incondicional para poder llegar a instancias finales de mis estudios, ya que ella siempre ha estado presente alentándome moral, psicológicamente y afectivamente para cumplir este objetivo en mi vida.

Con cariño a mi Abuelita Herlinda, por ser un pilar importante en mi vida, gracias por confiar en mí y enseñarme el valor y deseo de superación para triunfar en la vida.

Con gratitud y amor a mis tíos Joselo e Isabel, por ser un apoyo incondicional en toda mi vida hasta el momento, gracias por confiar en mí y brindarme el apoyo, amor, cariño y más que todo por llenar un espacio vacío en mi corazón.

A mi compañero y amigo MIGUEL, por sus palabras de aliento, su alegría, apoyo y consejos, por haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias inolvidables.

A mis familiares, por creer en mí he impulsarme a seguir adelante y no dejarme solo en los momentos difíciles.

Jhonatan Alberto Hervas Moreira

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico principalmente a Dios por haberme dado la oportunidad de vivir, por sus bendiciones en todo mi camino.

Con todo mi cariño y amor este trabajo también va dedicado a:

A mis hijos ya que ellos son mi principal motivación de lucha y perseverancia para culminar con mi meta, a mi esposa por su apoyo incondicional importante para cumplir esta meta.

A mis Padres por inculcarme buenos valores, por sus consejos y apoyo cuando lo necesitaba, sin ellos no habría llegado hasta este punto en mi vida, a ti padre querido donde sea que te encuentres siempre te llevare en mi corazón.

Miguel Fernando Moscoso Noroña

ÍNDICE DE GENERAL

PORTADA.....	i
AUTORÍA.....	ii
AVAL DE DIRECTOR DE TESIS	iii
AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO DE TESIS.....	iv
CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA	viii
DEDICATORIA	ix
ÍNDICE DE GENERAL	x
INDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT	xix
AVAL DE TRADUCCIÓN	xx
INTRODUCCIÓN	xxi
CAPITULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes Investigativos	1
1.2. INDICADORES DEL SISTEMA	3
1.2.1. Indicador Independiente.....	3
1.2.2. Indicador Dependiente.....	4
1.3. RECURSO RENOVABLE	4
1.3.1. Definición.....	4
1.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS RECURSOS RENOVABLES.....	5
1.4.1. El viento tiene diferentes características las cuales son:	5
• Regiones depresionarias y anticiclónicas	6
• Fuerza Coriolis	7
• Desviación de la Fuerza Coriolis.....	8
➤ LEY EXPONENCIAL DE HELLMANN.....	8
1.4.2. El sol tiene diferentes características las cuales son:.....	10
• Radiación solar directa	10
• Radiación solar difusa	10

•	Radiación solar reflejada	10
1.5.	TIPOS DE ENERGÍA RENOVABLE	11
•	Energía solar térmica:	11
•	Energía Eólica	12
•	Energía proveniente de la Biomasa	13
1.6.	IMPORTANCIA DE LA ENERGIA RENOVABLE	14
1.7.	SISTEMA HÍBRIDO	14
1.7.1.	Definición.....	14
1.7.2.	Ventajas e inconvenientes de los sistemas híbridos	15
1.8.	PEQUEÑAS CENTRALES EÓLICAS Y SOLARES	16
1.8.1.	Evolución Histórica	16
1.8.2.	Generación Híbrida	17
1.8.3.	Componentes del Sistema Híbrido	18
1.8.3.1.	Sistema eólico de generación	18
1.8.3.2.	Sistema solar fotovoltaico de generación	19
1.9.	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	20
1.9.1.	Generación eólica	20
1.9.2.	Generación solar fotovoltaica.....	20
1.10.	PARTES DE UN SISTEMA HÍBRIDO	21
1.10.1.	Sistema eólico.....	21
1.10.2.	Sistema solar fotovoltaico	23
1.10.3.	ELEMENTOS DE CONTROL Y CARGA	23
1.11.	MARCO LEGAL	25
CAPITULO II		27
2.	ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	27
2.1.	Estudio geográfico del lugar a instalar el sistema híbrido.....	27
2.1.2.	Estudio de la velocidad del viento.....	29
2.1.3.	Estudio de la irradiación solar	30
2.2.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	30
2.2.2.1.	Método inductivo.....	31
2.2.2.2.	Método Deductivo	31
2.2.3.1.	La Observación.....	31
2.2.3.2.	La entrevista	32
2.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA	32

2.4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	32
	Pregunta N° 1:	34
	Pregunta N° 2:	35
	Pregunta N° 3:	36
	Pregunta N° 4:	37
	Pregunta N° 5:	38
	Pregunta N° 6:	39
	Pregunta N° 7:	40
	Pregunta N° 8:	41
2.5.	VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	43
2.5.1.	Enunciado	43
2.5.2.	Hipótesis nula	43
2.5.3.	Comprobación de la hipótesis	43
	Criterios para verificar una hipótesis	44
	Verificación de la hipótesis	44
2.5.4.	REGLA DE DECISIÓN	47
	CAPÍTULO III	48
3.	DESARROLLO DEL PROYECTO	48
3.1.	TEMA	48
3.2.	PRESENTACIÓN	49
3.3.	JUSTIFICACIÓN	49
3.4.	OBJETIVOS	51
3.4.1.	Objetivo General	51
3.4.2.	Objetivos Específicos	51
3.5.	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	51
3.5.1.	Factibilidad Técnica	51
3.5.2.	Factibilidad Económica	52
3.5.3.	Factibilidad Operacional	53
3.6.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA	53
3.6.1.	Estudio eólico	54
3.6.1.1.	Dirección del viento en el Páramo de Chalupas	67
3.6.2.	Estudio de irradiación solar	68
3.6.3.	Análisis del requerimiento energético	81
3.7.	CÁLCULO DE POTENCIAL	82
3.7.1.	Cálculo de Potencial eólico	82

3.7.2.	Cálculo de Potencial Solar.....	83
3.8.	DETERMINACIÓN DE LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN	84
3.8.1.	Determinación de potencia del aerogenerador	84
3.8.2.	Determinación de potencia del panel solar.....	85
3.9.	EQUIPOS UTILIZADOS EN EL MONTAJE DEL SISTEMA.....	85
	CONCLUSIONES	88
	RECOMENDACIONES:.....	89
	BIBLIOGRAFÍA.....	90
	Citada	90
	Consultada.....	91
	Linkografía.....	92
	GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	95
	ANEXOS.....	99
	Anexo 1	
	Anexo 2	
	Anexo 3	
	Anexo 4	
	Anexo 5	
	Anexo 6	
	Anexo 7	
	Anexo 8	

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1: INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR INDEPENDIENTE.....	2
FIGURA 1.2: INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR DEPENDIENTE	3
FIGURA 1.3: INDICADORES DEL VIENTO	6
FIGURA 1.4: FUERZA CORIOLIS.....	6
FIGURA 1.5: ENERGÍA FOTOVOLTAICA	9
FIGURA 1.6: ENERGÍA EÓLICA.....	10
FIGURA 1.7: ENERGÍA PROCEDENTE DE LA BIOMASA.....	10
FIGURA 1.8: SISTEMA HÍBRIDO	12
FIGURA 1.9: SISTEMA EÓLICO.....	15
FIGURA 1.10: SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.....	16
FIGURA 1.11: GENERACIÓN EÓLICA.....	16
FIGURA 1.12: GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA.....	17
FIGURA 1.13: PARTES DEL AEROGENERADOR	19
FIGURA 1.14: PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO	19
FIGURA 1.15: INVERSOR DE CORRIENTE.....	20
FIGURA 1.16: REGULADOR DE CARGA.....	21
FIGURA 1.17: BANCO DE BATERÍAS.....	21
FIGURA 2.1: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA N°1.....	32
FIGURA 2.2: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA N°2.....	33
FIGURA 2.3: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA N°3.....	34
FIGURA 2.4: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA N°4.....	35
FIGURA 2.5: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA N°5.....	36
FIGURA 2.6: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA N°6.....	37
FIGURA 2.7: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA N°7.....	38
FIGURA 2.8: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA N°8.....	39
FIGURA 3.1: VELOCIDAD MAX Y MIN DE FEBRERO	56
FIGURA 3.2: VELOCIDAD MAX Y MIN DE MARZO.....	58
FIGURA 3.3: VELOCIDAD MAX Y MIN DE ABRIL	60
FIGURA 3.4: VELOCIDAD MAX Y MIN DE MAYO.....	62
FIGURA 3.5: VELOCIDAD MAX Y MIN DE JUNIO	64

FIGURA 3.6: VELOCIDAD MAX Y MIN DE JULIO	66
FIGURA 3.7: VELOCIDAD MAX Y MIN DEL ESTUDIO EÓLICO	67
FIGURA 3.8: DIRECCIÓN DEL VIENTO	68
FIGURA 3.9: RADIACIÓN MAX Y MIN DE FEBRERO	70
FIGURA 3.10: RADIACIÓN MAX Y MIN DE MARZO	72
FIGURA 3.11: RADIACIÓN MAX Y MIN DE ABRIL	74
FIGURA 3.12: RADIACIÓN MAX Y MIN DE MAYO	76
FIGURA 3.13: RADIACIÓN MAX Y MIN DE JUNIO	78
FIGURA 3.14: RADIACIÓN MAX Y MIN DE JULIO	80
FIGURA 3.15: RADIACIÓN MAX Y MIN DEL ESTUDIO SOLAR	81

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1: VALORES DEL EXPONENTE DE HELLMANN	8
TABLA 2.1: VELOCIDAD DEL VIENTO.....	26
TABLA 2.2: IRRADIACIÓN SOLAR	27
TABLA 2.3: POBLACIÓN INVOLUCRADA	30
TABLA 2.5: RESUMEN DE LA PREGUNTA N°1	32
TABLA 2.6: RESUMEN DE LA PREGUNTA N°2	33
TABLA 2.7: RESUMEN DE LA PREGUNTA N°3	34
TABLA 2.8: RESUMEN DE LA PREGUNTA N°4.....	35
TABLA 2.9: RESUMEN DE LA PREGUNTA N°5	36
TABLA 2.10: RESUMEN DE LA PREGUNTA N°6.....	37
TABLA 2.11: RESUMEN DE LA PREGUNTA N°7	38
TABLA 2.12: RESUMEN DE LA PREGUNTA N°8.....	39
TABLA 2.13: TABLA GENERAL DE FRECUENCIA Y PORCENTAJES	40
TABLA 2.14: FRECUENCIA OBSERVADA	43
TABLA 2.15: FRECUENCIA ESPERADA.....	44
TABLA 2.16: PRUEBA DE CHI CUADRADO	44
TABLA 2.17: CONCRECIÓN DE HIPÓTESIS	48
TABLA 3.1: ESTUDIO EÓLICO DE FEBRERO.....	55
TABLA 3.2: ESTUDIO EÓLICO DE MARZO	57
TABLA 3.3: ESTUDIO EÓLICO DE ABRIL	59
TABLA 3.4: ESTUDIO EÓLICO DE MAYO	61
TABLA 3.5: ESTUDIO EÓLICO DE JUNIO.....	63
TABLA 3.6: ESTUDIO EÓLICO DE JULIO	65
TABLA 3.7: TIEMPO DE ESTUDIO EÓLICO.....	67
TABLA 3.8: RADIACIÓN SOLAR DE FEBRERO.....	69
TABLA 3.9: RADIACIÓN SOLAR DE MARZO	71
TABLA 3.10: RADIACIÓN SOLAR DE ABRIL.....	73
TABLA 3.11: RADIACIÓN SOLAR DE MAYO.....	75
TABLA 3.12: RADIACIÓN SOLAR DE JUNIO	77
TABLA 3.13: RADIACIÓN SOLAR DE JULIO.....	79

TABLA 3.14: TIEMPO DE ESTUDIO SOLAR	81
TABLA 3.15: DEMANDA ENERGÉTICA	82
TABLA 3.16: RESUMEN DE EQUIPOS	86



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TEMA: “ANÁLISIS DEL POTENCIAL EÓLICO Y SOLAR PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN BASE AL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS EN EL PÁRAMO CHALUPAS, PERIODO 2015.”

AUTORES:

Hervas Moreira Jhonatan Alberto
Moscoso Noroña Miguel Fernando

RESUMEN

El presente proyecto se refiere al análisis de potencial eólico-solar, a los instrumentos utilizados para la obtención de datos y la selección de los elementos intervinientes para generar energía eléctrica y el funcionamiento independiente de cada uno de los elementos existentes. El sistema aprovecha los recursos naturales eólico-solar y demuestra los métodos de conversión la energía mecánica a eléctrica. El sistema consta de partes mecánicas, eléctricas, electrónicas y de almacenamiento, las cuales conforman un sistema de generación eléctrica. El beneficio de este proyecto está en la satisfacción del usuario en base al estudio y correcta selección de equipos, ya que de esta manera se podrán suplir las necesidades energéticas, y se logra de manera muy grata la Vinculación de la Universidad con el Pueblo. El análisis viene dado mediante la obtención previa de datos del viento y de radiación solar en el punto del proyecto mediante un anemómetro y un piranómetro, y la demostración matemática la cual nos indica que los recursos eólico-solares del Páramo de Chalupas son idóneos para la implementación de un sistema híbrido el cual consta de un aerogenerador y un panel solar para la generación de energía, y así dotar de una red eléctrica constante a una familia del sector.

DESCRIPTORES: Sistema Híbrido, Generación Eléctrica, Páramo de Chalupas, Provincia de Napo.



COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY
ACADEMIC UNIT OF SCIENCES OF THE ENGINEERING AND APPLIED
CAREER OF ENGINEERING IN ELECTROMECHANICAL

TOPIC: “ANALYSIS OF WIND AND SOLAR POTENTIAL FOR THE IMPLEMENTATION OF A HYBRID ELECTRIC GENERATION SYSTEM BASED ON THE USE OF ALTERNATIVE ENERGY IN THE MOOR CHALUPAS, 2015 PERIOD.”

AUTHORS:

Hervas Moreira Jhonatan Alberto
Moscoso Noroña Miguel Fernando

ABSTRACT

This project concerns the analysis of wind-solar, the instruments used for data collection and selection potential of the participants to generate electricity and independent functioning of each of the elements existing elements. The system takes advantage of the wind-solar natural resources and conversion methods shows the mechanical to electrical energy. The system consists of mechanical, electrical, electronic storage and parts, which make up a power generation system. The benefit of this project is customer satisfaction based on the study and proper equipment selection, because in this way can meet the energy needs, and achieved very pleasing way linking the University with the People. The analysis is given by prefetching data from wind and solar radiation at the point of the project by an anemometer and pyranometer, and mathematical proof which indicates that the solar-wind in Páramo de Chalupas resources are suitable for implementing a hybrid system which consists of a turbine and a solar panel for power generation, and thus provide a constant power supply to a family sector.

DESCRIPTORS: Hybrid Power Generation System, Páramo de Chalupas, Napo Province.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Trabajo de
Grado
CIYA

COORDINACIÓN
TRABAJO DE GRADO

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente de la Carrera de Ciencias de la Educación, Mención Inglés de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Certifico, que he realizado la revisión del Abstract, de la tesis elaborada por los alumnos: Hervas Moreira Jhonatan Albeto y Moscoso Noroña Miguel Fernando; con el tema: **“ANÁLISIS DEL POTENCIAL EÓLICO Y SOLAR PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN BASE AL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS EN EL PÁRAMO CHALUPAS, PERIODO 2015”**, el mismo que cumple con requerimientos técnicos gramaticales del idioma Inglés.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad; pudiendo hacer uso de la presente para los fines legales pertinentes.

Latacunga, 30 de Noviembre de 2015

Lic. MSc. Alison Mena Barthelotty
C.I.050180125-2

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la sociedad ha tenido un gran desarrollo gracias al aporte de la energía eléctrica ya que es indispensable en la vida cotidiana y al desarrollo psicosocial de cada persona. En la actualidad existen diversas maneras de generar energía eléctrica las mismas que tienen como objetivo aprovechar al máximo los recursos naturales renovables ya que no producen contaminación ambiental.

Por ello el presente proyecto tuvo como objetivo el analizar el potencial eólico-solar mediante instrumentación y obtención de datos reales para la implementación un de sistema híbrido de generación eléctrica en base al uso de energías alternativas en el Páramo Chalupas.

Además, analizar el potencial eólico-solar fue un gran aporte para la comunidad y sus usuarios, debido a que la información obtenida y la validación de sus datos permitió el aprovechamiento de recursos eólico-solares y el precedente de datos reales, esto permitió ampliar los conocimientos sobre el principio de generación eléctrica de un sistema híbrido, así como también los elementos que lo componen y la función que desempeñan en el proceso de generación.

El tema estudiado está conformado por tres capítulos que sustentan estos conocimientos:

La primera parte contiene la fundamentación teórica, los conceptos básicos de un sistema híbrido de generación eléctrica como es el aerogenerador, el panel solar, regulador de carga, el inversor de corriente y el sistema de almacenamiento, además detalla los subelementos que lo conforman para su correcto diseño y selección de los mismos; así como el marco legal el cual consta en la Constitución de la República del Ecuador y las Leyes amparadas por la Universidad.

La parte intermedia describe los métodos y técnicas utilizadas para el análisis e interpretación de resultados de las entrevistas aplicadas a los usuarios, lo que permite establecer la factibilidad del sistema híbrido gracias a la verificación de la hipótesis, así como la demostración y validación matemática de la misma mediante el Chi-Cuadrado.

La parte final detalla las tablas de datos de la velocidad del viento y de la irradiación solar previo al análisis de potencial eólico-solar para la implementación del sistema híbrido, así también como la selección de dispositivos y elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos, el detalle económico del tiempo de estudio y de la implementación de los equipos, así como el detalle del proyecto que debería asumir la empresa eléctrica pertinente denominada Factibilidad Económica; por la cual se valida el recurso económico para la dotación de energía, así como la tabla de resumen de equipos utilizados.

Además se presentan los planos de la residencia beneficiaria, anexos de implementación en los cuales se muestra el proceso en que se realizó el montaje de los equipos encargados del aprovechamiento de los recursos para generar energía y las fichas de los mismos para su respectivo mantenimiento y operación.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se estudió conceptos básicos sobre el aprovechamiento de las energías renovables como son la energía eólica y la solar, para la generación de energía eléctrica, se analizó cómo trabaja un sistema eólico-solar, el funcionamiento de sus componentes, y así se logró obtener la fundamentación teórica elemental necesaria para el análisis de potencial que propusimos realizar, el cual sirvió de ayuda en lo posterior para su respectiva instalación.

1.1. Antecedentes Investigativos

HERRERA BARROS, VANESSA CATALINA, que realizó el proyecto de tesis titulado “Sistema Híbrido eólico-fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en el departamento de Turismo del Ilustre Municipio de Baños de Agua Santa”, en el año 2011, manifiesta que:

“Un sistema de energía renovable híbrido es un sistema en el cual dos o más fuentes de energías renovables (solar-térmica, solar-fotovoltaica, el viento, la biomasa, la hidroeléctrica, etc.) se integran para proveer electricidad o calor, o ambos, a la misma demanda”. (p 33)

Los sistemas híbridos se los denomina como tal, debido a la unión de dos sistemas de generación independientes, los cuales como punto común tienen el aprovechamiento de los recursos naturales, lo cual es un gran beneficio para el ser humano debido a que indistintamente del lugar a emplearse este tipo de sistemas es necesario realizar un estudio y decisión para así obtener energía eléctrica, de forma constante y sin dañar al ecosistema en el cual se instalará el mismo.

SÁNCHEZ CAMPOS, TEODORO (1997), Algunos Elementos Sobre la Energía Eólica, presentado en el “II Seminario Internacional sobre Energías Renovables”. Bolivia, manifiesta que:

“La fuerza del viento ha sido aprovechado por los seres humanos desde las primeras civilizaciones para sus necesidades de fuerza y transporte.” (p 75)

Un claro ejemplo de la fuerza y velocidad del viento son los barcos o veleros que emplean estos recursos naturales para movilizarse en mares y océanos, de la misma manera el viento fue empleado en la antigüedad para brindar el movimiento a las aspas para transportar agua y granos a través de canales de agua.

Ing. M.Sc. ORBEGOZO, CARLOS & Ing. ARIVILCA, ROBERTO (2010), Energía Solar Fotovoltaica para el Manual Técnico de Instalaciones Domiciliarias, manifiestan que:

“La energía radiante es la producida en el sol, como resultado de reacciones nucleares de fusión que llegan a la Tierra a través del espacio en paquetes de energía llamados fotones (luz), que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestre.” (p. 22)

La energía solar después de su producción y viaje hacia la tierra en forma de luz

es la encargada de facilitar y en ciertos casos forzar los ciclos de vida como es la fotosíntesis, ya que nosotros como humanos somos los encargados de emplear esta energía de diversas maneras ya sea para calefacción, generación de energía u otras actividades.

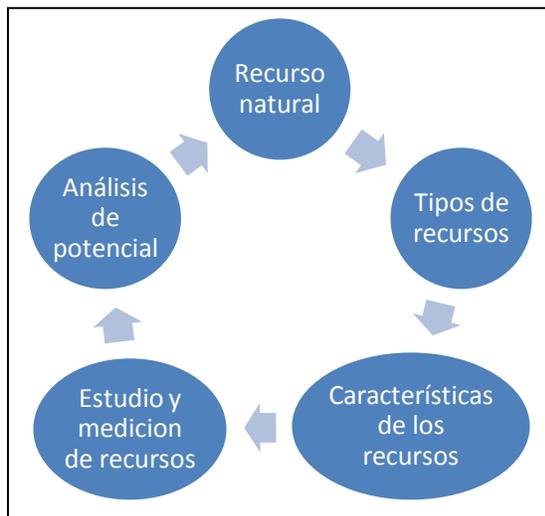
Esto se refleja en las actividades diarias a las que se encuentran sometidas todas las formas de vida, desde las más sencillas como son las células hasta las más complejas como es el ser humano.

1.2. INDICADORES DEL SISTEMA

1.2.1. Indicador Independiente

Mediante el análisis y validación de este indicador, “ANÁLISIS DE POTENCIAL EÓLICO-SOLAR” se estudiaron los recursos naturales, la validación matemática de los datos obtenidos en función de la velocidad del viento y de la irradiación solar mediante la utilización de instrumentos idóneos los cuales brindaron la posibilidad de obtener mediciones reales en diferentes lapsos de tiempo.

FIGURA 1.1. INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR INDEPENDIENTE



FUENTE. Grupo Investigador

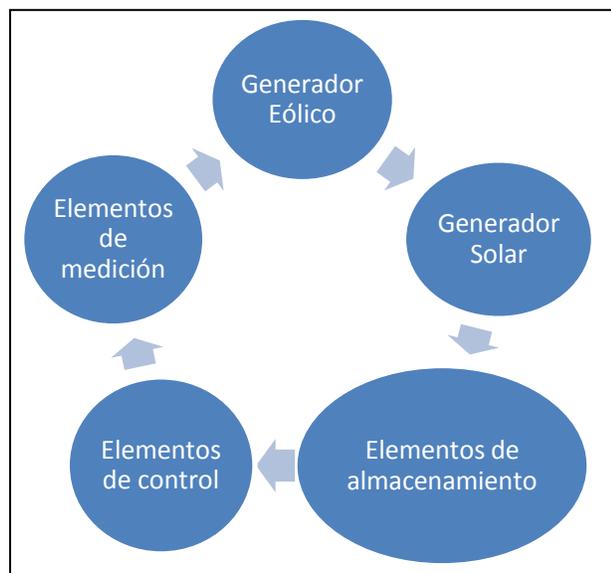
Elaborador por: Hervas Moreira, J.A.,

Moscoso Noroña, M.F. (2015)

1.2.2. Indicador Dependiente

En el indicador dependiente “GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN BASE AL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS”, después de validar los datos aprovechando los recursos eólico-solares, pudimos analizar los sistemas que se encargaron del aprovechamiento de dichos recursos para transformarlos en energía eléctrica los cuales pudieron ser comprobados en diferentes unidades de medidas eléctricas.

FIGURA 1.2. INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR DEPENDIENTE



FUENTE. Grupo Investigador

Elaborador por: Hervas Moreira, J.A.,

Moscoso Noroña, M.F. (2015)

1.3. RECURSO RENOVABLE

1.3.1. Definición

Hernandez Rodriguez, Carlos (2008, 1ra Ed.), en su libro Energías Renovables y Eficiencia Energética, Instituto Tecnológico de Canarias; manifiestan que:

“El recurso renovable es un tipo de recurso natural que puede renovarse a partir de procesos naturales y con una rapidez mucho más elevada a la medida que el ser humano los consume, es decir,

se renuevan tan velozmente que no se agotan y entonces, los hombres pueden hacer uso de ellos siempre”. (p 4)

Cabe destacar que un recurso natural es aquel que nos brinda la naturaleza y que como tal no presenta ningún tipo de intervención humana.

Los recursos naturales son extendidamente valorados por ello y porque contribuyen ciertamente al bienestar y el desarrollo de diferentes productos necesarios para el desarrollo de la vida. (Deducción del grupo investigador)

Entre los tipos de recursos renovables se destacan: el agua, la energía solar, el viento, la marea y la energía hidroeléctrica.

De alguna manera podríamos calificarlos como eternos dado que es muy difícil que se agoten con el transcurrir del tiempo. Ahora bien, también hay otros recursos renovables que si se los produce de una manera regular en el tiempo también podremos contar con ellos, tal es el caso de la madera, el papel, el cuero, entre otros. La fuente de energía que es más prolífera en nuestro planeta es sin dudas la solar.

Por su parte, la energía eólica, osea el viento, también abunda en el mundo y por la limpieza que supone es de gran ayuda a la hora de aminorar los efectos negativos que provocan los gases de invernaderos, tan perjudiciales para nuestro medio natural. Sin embargo, le encontramos una desventaja y es que resulta intermitente con lo cual no podemos depender estrictamente de ella.

1.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS RECURSOS RENOVABLES

1.4.1. *El viento tiene diferentes características las cuales son:*

GARCÍA VÁZQUEZ, MIGUEL ÁNGEL (2006), que realizó la tesis de maestría titulado “Aspectos Económicos, Tecnológicos y Ambientales de la

Energía Eólica Para la Generación de Electricidad en México” en la Ciudad de México, manifiesta que el viento tiene diferentes características, las cuales son:

- **Regiones depresionarias y anticiclónicas**

El aire caliente de la zona ecuatorial se hace más ligero y se eleva, esto se da gracias a que su densidad disminuye, al subir el aire; se dirige en altura hacia los polos y a medida que se desplaza hacia los mismos sufre la acción de la fuerza de Coriolis, desviándose hacia su derecha en el hemisferio Norte y hacia su izquierda en el hemisferio Sur.

Cuando el aire se enfría, cae ya que su densidad aumenta o en otras palabras adquiere más peso; una vez en la superficie de la tierra retorna al Ecuador absorbido por las bajas presiones que se generan en la zona al subir el aire caliente.

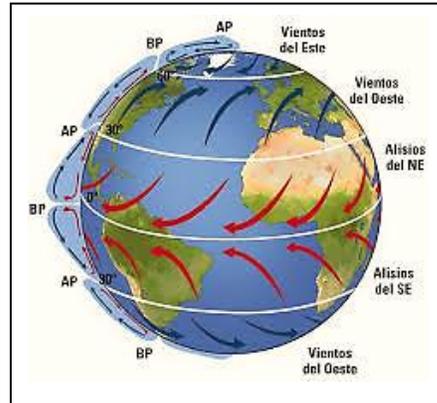
En los polos ocurre lo contrario, el aire frío y con alta densidad tiende a desplazarse desde las zonas polares a nivel de suelo en dirección al Ecuador para volver a cumplir con su ciclo. La fuerza de Coriolis, lo desvía al Noreste en el hemisferio Norte, y al sureste en el hemisferio Sur, hay es cuando al bajar de latitud el aire se calienta y sube, volviendo a la zona polar por arriba, absorbido por la depresión en altitud que genera el aire.

El ciclo ecuatorial abarca desde el ecuador hasta los 30° de latitud en ambos hemisferios. El polar desde ambos polos hasta los 60°.

En las latitudes templadas que quedan entre los 30 y los 60° se origina otro ciclo. El aire de la zona es más caliente que el polar y más frío que el subtropical y se puede determinar por medio del cálculo de la densidad del mismo, es por esto que el aire de la zona tiende a trasladarse hacia el polo para llenar el vacío dejado por el aire ascendente en los 60 ° de latitud; al ser desviados de nuevo por la fuerza de Coriolis adquieren una marcada componente oeste en ambos hemisferios. Son los denominados vientos de los

oestes cuyo predominio en la zona templada genera el denominado "cinturón de los oestes". (Véase la Figura 1.3)

FIGURA 1.3: INDICADORES DEL VIENTO



FUENTE. Manual de Energía Eólica. Pinilla, A.
Autores: Hervas Moreira, J. A.
Moscoso Noroña, M. F.

- **Fuerza Coriolis**

La denominada fuerza de Coriolis influye en todos los fenómenos de traslación que se realizan sobre nuestro planeta. Debido a su rotación, se genera una fuerza que en el hemisferio Sur, desvía hacia el Este toda partícula en movimiento de Norte a Sur y hacia el Oeste a las que lo hacen en dirección Sur a Norte. (Véase la Figura 1.4)

FIGURA 1.4: FUERZA CORIOLIS



FUENTE: Energía Eólica en México, García Vázquez, M
Autores: Hervas Moreira, J. A.
Moscoso Noroña, M. F.

Es decir, en el hemisferio Sur, la fuerza de Coriolis desvía hacia la izquierda los movimientos de las masas de aire y agua. En el hemisferio Norte se produce el efecto inverso, es decir; la desviación se produce hacia la derecha.

- **Desviación de la Fuerza Coriolis**

La rotación terrestre genera la denominada fuerza de Coriolis que se produce de forma perpendicular a la dirección del movimiento. En el hemisferio sur, el aire procedente de los anticiclones es desviado hacia la izquierda, girando en el sentido contrario de las agujas del reloj. En las depresiones, el viento gira en sentido de las agujas del reloj. En el hemisferio norte se produce el efecto contrario, lo que explica que el viento de las borrascas y los anticiclones gire en sentido inverso. (p. 10-13)

Hernández Rodríguez, Carlos. (2008, 1ra Ed.), en su libro “Energías Renovables y Eficiencia Energética”. Instituto Tecnológico de Canarias, explica la aplicación de la Ley Exponencial de Hellmann, así:

➤ **LEY EXPONENCIAL DE HELLMANN**

La velocidad del viento varía con la altura, siguiendo aproximadamente una ecuación de tipo estadístico, conocida como ley exponencial de Hellmann, de la forma de la **Ec. 1**:

$$\overline{V}_h = \overline{V}_a \left(\frac{H_h}{H_a} \right)^\alpha \quad \text{Ec. 1}$$

α = es el exponente de Hellmann que varía con la rugosidad del terreno, y cuyos valores vienen indicados en la **Tabla 1.1**.

\overline{V}_a = velocidad media (m/s) del viento medida a intervalos cortos de tiempo a la altura donde se obtienen los datos H_a (en m).

\overline{V}_h = velocidad media (m/s) del viento obtenida a intervalos cortos de tiempo a la altura deseada H_h (en m).

TABLA 1.1. VALORES DEL EXPONENTE DE HELLMANN

Característica de la superficie	Valor de la rugosidad (α)
Lugares llano con hielo o hierba	$\alpha = 0,08$ a $0,12$
Lugares llanos (mar, costa)	$\alpha = 0,14$
Terrenos poco accidentados	$\alpha = 0,13$ a $0,16$
Zonas rústicas	$\alpha = 0,2$
Terrenos accidentados o bosques	$\alpha = 0,2$ a $0,26$
Terrenos muy accidentados y ciudades	$\alpha = 0,25$ a $0,4$

FUENTE. Energías Renovables; Hernández, C. 2008

El potencial eólico se determina mediante la **Ec. 2**

$$Potencial\ eólico = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 \cdot r^2 \cdot \pi \quad Ec. 2$$

Dónde:

ρ = la densidad del aire en el sector

v = la velocidad media del viento

r = radio de giro de las aspas

π = número phi

La variación de la densidad en el lugar de estudio está determinada por la Ec. (3).

$$\rho = 1,225 e^{\left[\left(\frac{-Z}{8435}\right) - \left(\frac{T-15}{288}\right)\right]} \quad Ec. 3$$

El valor Z es el valor de la altura en m.s.n.s. (metros sobre el nivel del suelo), y T es la temperatura promedio, estos valores se los obtiene del punto de posicionamiento del proyecto, donde se obtiene.

1.4.2. El sol tiene diferentes características las cuales son:

Llorente, Jerónimo, del Departamento de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Barcelona, que redactó el documento para el Curso de Fotoprotección, manifiesta que existen varios tipos de radiación los cuales son:

- **Radiación solar directa**

La radiación directa es, como su nombre lo indica, es aquella que proviene directamente del sol.

- **Radiación solar difusa**

La radiación difusa es aquella recibida de la atmósfera como consecuencia de la dispersión de una parte de la radiación del sol en la misma. Esta energía puede suponer aproximadamente un 15% de la radiación global en los días soleados, pero en los días nublados, en los cuales la radiación directa es muy baja, la radiación difusa supone un porcentaje mucho mayor.

Por otra parte, las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que "ven" toda la semiesfera celeste, mientras que las superficies verticales reciben menos porque solo "ven" la mitad de la semiesfera celeste.

- **Radiación solar reflejada**

La radiación reflejada es, como su propio nombre indica, es aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamado albedo.

Por otra parte, las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no "ven" superficie terrestre, mientras que las superficies verticales son las que más reciben.

El cálculo de potencial solar viene dado por la **Ec. 4**, en la cual se obtiene una media exacta de la radiación del tiempo de estudio.

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad \text{Ec. 4}$$

Dónde:

\bar{X} = es la media aritmética a encontrar

N = es el número de casos

x_i = es el número de ítems intervinientes a la media aritmética

Σ = signo de sumatoria

1.5. TIPOS DE ENERGÍA RENOVABLE

SARDON, JOSÉ (2008), en su libro titulado “Energías Renovables para el Desarrollo” manifiesta que: existen varios tipos de energía renovable.

A continuación se describen los más utilizados:

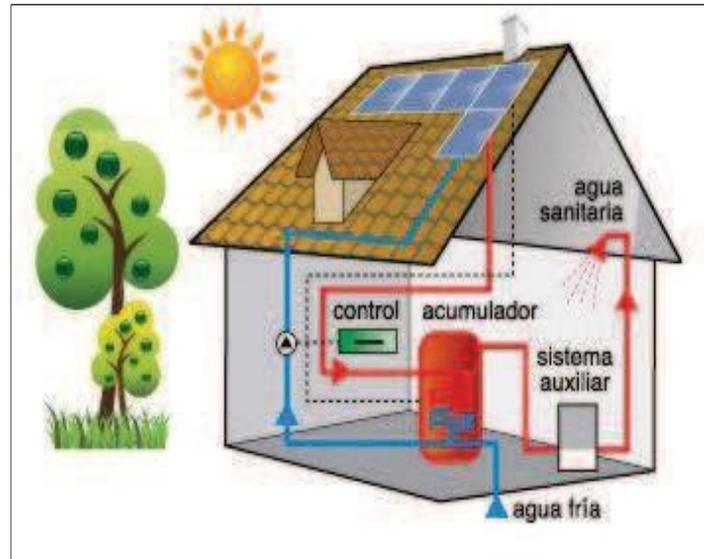
- **Energía solar térmica:**

También llamada energía fotovoltaica es una fuente de energía de origen renovable, obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, o bien mediante una deposición de metales sobre un sustrato denominada célula solar de película fina.

Esta electricidad puede auto consumirse, la utilización habitual es en granjas o en casas rurales aisladas de la red, otro uso que puede darse a la electricidad producida es su venta a la red eléctrica.

Existe una normativa al respecto que obliga a las compañías eléctricas a comprar esta energía limpia durante toda la vida útil de la instalación y pagar una prima por ella. (Véase la Figura 1.5)

FIGURA 1.5: ENERGÍA FOTOVOLTAICA



Fuente: http://www.tedesna.com/images/esque_termica.jpg

Autores: Hervas Moreira, J. A.

Moscoso Noroña, M. F.

- **Energía Eólica**

Es la energía obtenida del viento, es decir, es generada por efecto de las corrientes de aire, y que es convertida en otras formas útiles de energía para las actividades humanas. En la actualidad, la energía eólica es utilizada principalmente para producir electricidad mediante aerogeneradores, conectados a grandes redes de distribución de energía eléctrica.

Los parques eólicos construidos en tierra suponen una fuente de energía cada vez más barata, competitiva o incluso más barata en muchas regiones que otras fuentes de energía convencionales.

Adicionalmente se puede argumentar que es una energía inagotable, ya que

el recurso principal se encuentra en todo lado y en constante movimiento.
(Véase la Figura 1.6)

FIGURA 1.6: ENERGÍA EÓLICA



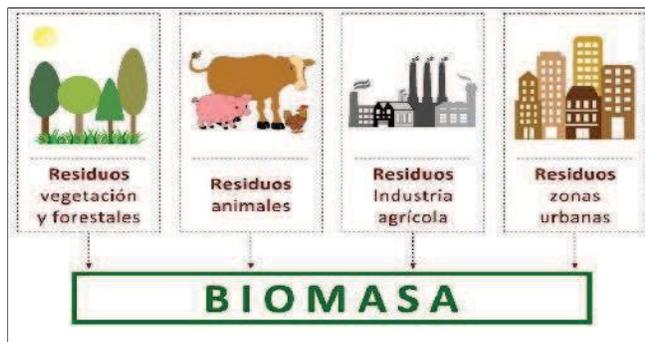
Fuente: <http://www.antusolar.cl/wp-content/uploads/EOLICAS>

Autores: Hervas Moreira, J. A.
Moscoso Noroña, M. F.

- **Energía proveniente de la Biomasa**

Este tipo de energía procede del aprovechamiento de materia orgánica animal y vegetal o de residuos agroindustriales. Estos materiales, previo secado, se queman en calderas algo diferentes a las convencionales y también pueden utilizarse restos de industrias como las madereras, o papeleras. (p 19-21) (Véase la Figura 1.7)

FIGURA 1.7: ENERGÍA PROCEDENTE DE LA BIOMASA



Fuente: <http://icasasecologicas.com/wp-content/biomasa>

Autores: Hervas Moreira, J. A.
Moscoso Noroña, M. F.

1.6. IMPORTANCIA DE LA ENERGIA RENOVABLE

ROLDAN VILORIA, JOSÉ (2008), en su libro titulado “Energías Renovables”, manifiesta que:

“La energía renovable es la forma de resolución de un problema mundial ya que las energías renovables son una fuente natural que se puede reponer naturalmente en un corto período de tiempo. Algunas de las energías renovables son las que provienen de la energía del sol, la energía del viento, la energía del agua y energía geotérmica”. (pág. 48)

Las energías renovables son opciones maravillosas porque son ilimitadas. No vamos a quedarnos sin ellas. También otro gran beneficio del uso de energías renovable es que no contaminan el medio ambiente, son energías limpias.

La energía renovable depende de fuentes que prácticamente son gratis: viento, luz solar, el flujo de un río. Es muy importante aprovechar este tipo de fuentes para el desarrollo de un país, pues si se depende de fuentes no renovables (petróleo, gas, carbón, energía nuclear) se corre el peligro de depender del precio de estos combustibles y en caso de que se eleven demasiado, puede provocar una crisis energética que desemboque en inflación y devaluaciones para un país.

1.7. SISTEMA HÍBRIDO

1.7.1. Definición

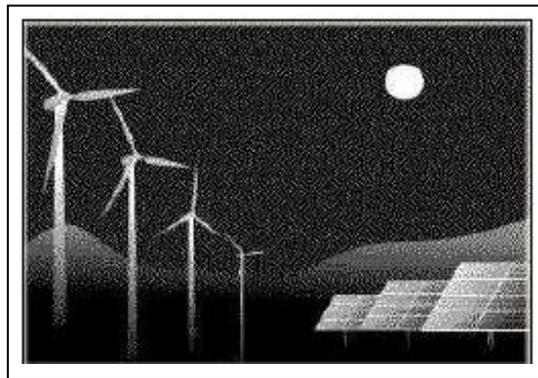
Es básicamente una forma de la energía generada por la fuerza del viento y el aprovechamiento de la radiación solar, donde una máquina primaria la transforma inicialmente en energía mecánica y luego una máquina secundaria la transforma en energía eléctrica, (véase la Figura 1.8).

Las aplicaciones de los sistemas híbridos como de los sistemas fotovoltaicos

muestran un sistema alternativo de generación de energía eléctrica y la potencia que ésta suministrará, también se aprecia la inversión y ahorro progresivo del factor económico como aspecto de recuperación, pero no se puede visualizar el funcionamiento al 100%, ya que son sistemas de apoyo o compensación al sistema energético de nuestro país.

También es una forma de energía renovable, es decir; que es inagotable (por su facilidad de regeneración).

FIGURA 1.8: SISTEMA HÍBRIDO



FUENTE: SISTEMA HÍBRIDO, Herrera Barros, V.

Autores: Hervas Moreira, J. A.

Moscoso Noroña, M. F.

1.7.2. Ventajas e inconvenientes de los sistemas híbridos

Endara Lema, Luis David, que realizó el proyecto de tesis titulado “Construcción de un generador eólico de bajas revoluciones por minuto para una vivienda rural, ubicada en el sector de Pansache, el Morro Pertenece a la Parroquia Mulaló del Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, manifiesta que:

Las ventajas de los sistemas híbridos son:

- Los recursos como el viento y el sol son recursos propios de la región, por lo que son fuentes baratas.

- Los costos de implementación y mantenimiento son relativamente bajos, relacionados con otras fuentes de energía.
- Los sistemas fotovoltaicos no producen ningún sonido molesto cuando operan debido a que no poseen partes y movimientos mecánicos por lo que no ocasionan ningún tipo de contaminación sonora.
- Los sistemas tienen una vida útil larga (más de 20 años).
- Es una energía limpia ya que no requiere una combustión que produzca dióxido de carbono (CO₂), y no produce emisiones atmosféricas ni residuos contaminantes.

En contra de estas ventajas podemos enumerar los inconvenientes siguientes:

- La variabilidad del viento: para proyectos aislados se requiere de un mecanismo de almacenamiento en batería de la energía generada, para poder disponer de energía cuando no haya suficiente viento.
- Riesgo de mortandad al impactar las aves con las aspas del aerogenerador.
- Un impacto negativo es el ruido producido por el giro del rotor.
- El aire al ser un fluido de pequeño peso específico, implica fabricar máquinas grandes y en consecuencia caras.
- Los sistemas fotovoltaicos no producen humo; sin embargo, durante el proceso de carga las baterías liberan al ambiente hidrógeno en cantidades moderadas.
- La disponibilidad de energía es variable y depende de las condiciones atmosféricas.

1.8. PEQUEÑAS CENTRALES EÓLICAS Y SOLARES

1.8.1. Evolución Histórica

De Fernandes Díez Pedro, (2011) manifiesta que:

Betz demostró en su famoso artículo "Die Windmuhlen im lichte neverer

Forschung", (Berlín 1927),

“Que el rendimiento de las turbinas aumentaba con la velocidad de rotación y que, en cualquier caso, ningún sistema eólico podía superar el 60% de la energía contenida en el viento. Por lo tanto, los nuevos rotores debían funcionar con elevadas velocidades de rotación para conseguir rendimientos más elevados”. (p 3)

En los últimos 10 años los pequeños aerogeneradores aumentaron poco a poco sus potencias, a la vez que mejoraban su fiabilidad y reducían sus costes; las potencias medias de los aerogeneradores instalados entre 1990 y 1991 era de 225 kW; en los últimos años se han podido construir aerogeneradores con potencias mayores, desarrollados por las grandes compañías de la industria aeronáutica, que aumentan la fiabilidad de las máquinas y reducen sus costes, convergiendo hacia una nueva generación de aeroturbinas de 500 kW a 1,2 MW, lo que demuestra el alto grado de madurez alcanzado por esta tecnología. La fabricación de pequeñas máquinas ha ido perdiendo interés en países con redes de distribución de electricidad muy extendidas, ya que los costes superiores de la energía en instalaciones pequeñas e individuales los hacen poco rentables.

1.8.2. Generación Híbrida

El sistema híbrido es la unión de dos sistemas de generación a base de recursos renovables o naturales.

Este sistema tiene mayor eficiencia debido a que los sistemas de generación que lo componen son complementarios, en este caso tenemos generación eólica-solar fotovoltaica; si existe disminución de viento el sistema no se verá afectado debido a que la parte fotovoltaica la cual ayuda al sistema a evitar pérdidas o bajas de generación, y lo mismo ocurrirá en sentido contrario; si disminuye la radiación solar por aspectos climáticos y viento suplirá el bajón al que estará sometido el sistema solar fotovoltaico.

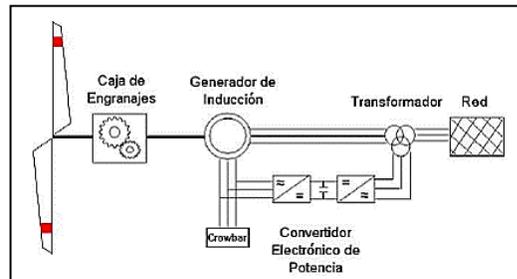
1.8.3. Componentes del Sistema Híbrido

El sistema híbrido consta de dos sistemas independientes de generación, en este caso está compuesto de una parte eólica y otra solar fotovoltaica:

1.8.3.1. Sistema eólico de generación

El sistema eólico de generación es un sistema de generación eléctrica basado en el aprovechamiento de viento como recurso renovable, este es el encargado de dar movimiento a las aspas mediante el eje conectado al multiplicador o caja de engranajes. Este es el encargado de aumentar las revoluciones por minuto (r.p.m.) en el generador eléctrico, el cual envía la corriente generada al banco de almacenamiento, al inversor de corriente y a la carga, tomando en cuenta que el regulador entra en funcionamiento de acuerdo a la demanda existente en la carga y a los niveles del banco de baterías. (Véase figura 1.9).

FIGURA 1.9: SISTEMA EÓLICO



FUENTE: <http://web.ing.puc.cl/power/wind>

Autores: Hervas Moreira, J. A.
Moscoso Noroña, M. F.

Para determinar la potencia efectiva del sistema obtendremos el dato real de dimensionamiento del aerogenerador, basados en la **Ec. 5**

$$P_e = \text{Potencial eólico} * n \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde:

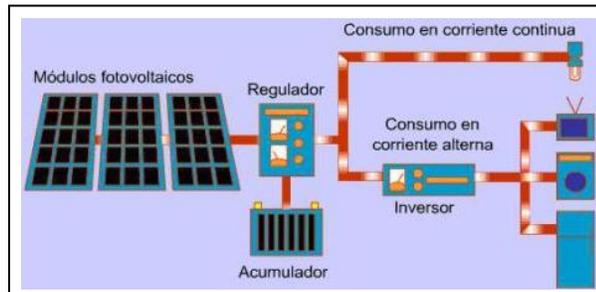
n = es la eficiencia del sistema (0.45)

P_e = Potencia efectiva

1.8.3.2. Sistema solar fotovoltaico de generación

El sistema solar fotovoltaico de generación es un sistema de generación eléctrica que se basa en el aprovechamiento de la luz e irradiación emitida por el sol como recurso renovable, los paneles captan la irradiación solar y convierte esta luz en energía eléctrica. Esto es producido por el efecto de las células fotovoltaicas, el cual se manifiesta como materiales tipo P y tipo N en su estructura, el cual envía la corriente generada al banco de almacenamiento, al inversor de corriente y a la carga, tomando en cuenta que el regulador entra en funcionamiento de acuerdo a la demanda existente en la carga y a los niveles de voltaje y corriente del banco de baterías. (Véase figura 1.10).

FIGURA 1.10: SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO



FUENTE: <https://energiasrenovables.files.wordpress.com>

Autores: Hervas Moreira, J. A.
Moscoso Noroña, M. F.

Para determinar la potencia efectiva del panel solar que se utilizó y con el dato exacto de potencial solar, utilizamos la **Ec. 5:**

$$P_e = \text{Potencial solar} * n \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde:

n = es la eficiencia del sistema (0.16)

P_e = Potencia efectiva

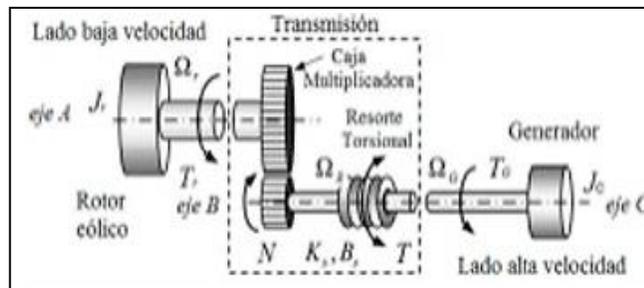
1.9. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

La denominada generación de energía eléctrica híbrida se basa en dos procesos de aprovechamiento de los recursos naturales, basados en el uso y captación del viento y la radiación solar, descritos a continuación:

1.9.1. Generación eólica

El principio de funcionamiento de un aerogenerador es un generador eléctrico que es movido por unas turbinas accionadas por el viento, es decir que la energía cinética del aire en movimiento proporciona energía mecánica a un rotor (hélice) que, a través de un sistema de transmisión mecánico, hace girar el rotor de un generador, convirtiéndola en energía eléctrica. (Véase figura 1.11).

FIGURA 1.11: GENERACIÓN EÓLICA



FUENTE: <http://www.estrucplan.com.ar/energia-alternativa>

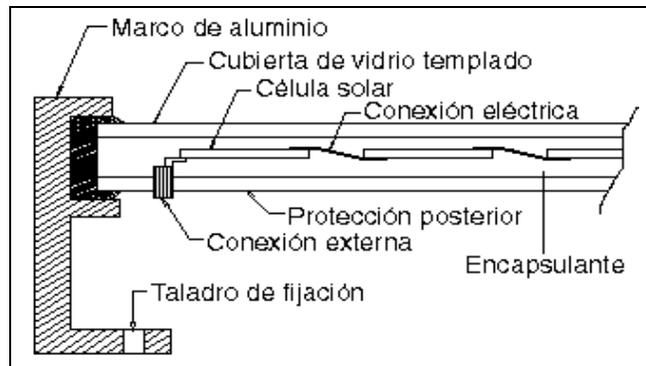
Autores: Hervas Moreira, J. A.
Moscoso Noroña, M. F.

1.9.2. Generación solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene a través de la transformación directa de la energía del sol en energía eléctrica. Se genera a través de la obtención de energía del sol (que está compuesta por fotones) incide en las células fotovoltaicas de la placa, creándose de esta forma un campo de electricidad entre las capas. Así se genera un circuito eléctrico. Cuanto más intensa sea la luz, mayor será el flujo de electricidad. Además, no es necesario que haya luz directa, ya que en días nublados también funciona.

Las células fotoeléctricas transformaron la energía solar en electricidad en forma de corriente continua, y ésta suele transformarse a corriente alterna para poder utilizar los equipos eléctricos y electrónicos que solemos tener en nuestras viviendas. (Véase figura 1.12).

FIGURA 1.12: GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA



FUENTE: Diseño de un sistema fotovoltaico. Prado Mora, C.

Autores: Hervas Moreira, J. A.

Moscoso Noroña, M. F.

1.10. PARTES DE UN SISTEMA HÍBRIDO

1.10.1. Sistema eólico

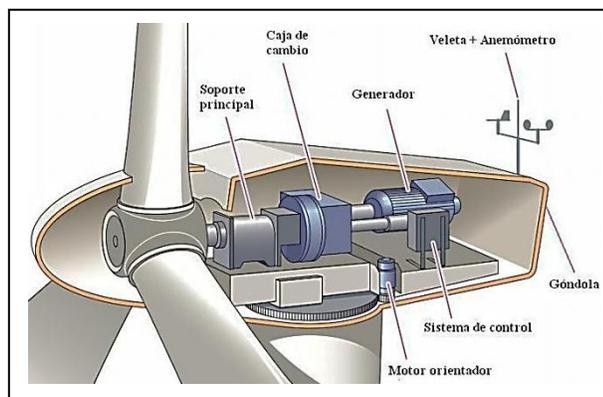
Las principales partes que conforman los sistemas eólicos de generación son:

- **Torre:** Soporta la góndola y el rotor, la altura varía ya que la velocidad del viento aumenta según nos alejamos del nivel del suelo.
- **Turbina Eólica:** Se encarga de captar energía cinética del viento y transformarla en energía mecánica en su eje.
- **Buje:** Centro del rotor donde se encastran las palas.
- **Pala (aspas):** Transforma por aprovechamiento aerodinámico la energía cinética del viento en energía mecánica en el eje del generador.
- **Góndola (carcasa):** Ubicada en la parte superior del aerogenerador, dentro se encuentran el multiplicador, el generador eléctrico y el sistema de

orientación, los 2 primeros son componentes claves del aerogenerador.

- **Generador Eléctrico:** Transforma la energía mecánica en energía eléctrica. Existen fundamentalmente 3 tipos de generadores: Generador asíncrono de jaula de ardilla, generador asíncrono de rotor bobinado y generador síncrono de imanes permanentes.
- **Multiplicador:** Sistema mecánico encargado de elevar la velocidad de giro del sistema mediante un conjunto de engranajes que comunica al eje arrastrado o de salida una velocidad de giro mayor que la del eje motor o de entrada, desde la velocidad de la turbina (20-30 rpm) a la velocidad del generador (1000-1500 rpm).
- **Mecanismo de Orientación:** Utilizado para mantener el rotor de la turbina en posición contra el viento (perpendicular a la dirección del viento) para que a través del rotor pase la mayor proporción posible de energía eólica.
- **Veleta:** Mide la dirección del viento, envía señales al controlador electrónico de forma que hace girar el aerogenerador en contra del viento utilizando el mecanismo de orientación. (Véase figura 1.13).

FIGURA 1.13: PARTES DEL AEROGENERADOR



FUENTE: http://energiadoblezero.com/turbina_eolica.jpg

Autores: Hervas Moreira, J. A.

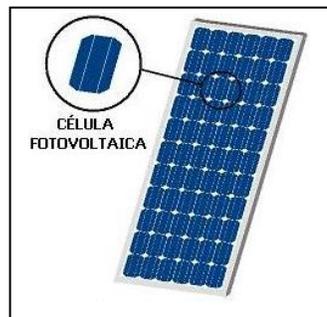
Moscoso Noroña, M. F.

1.10.2. Sistema solar fotovoltaico

El principal elemento que conforma el sistema solar fotovoltaico de generación es:

- **Panel solar fotovoltaico:** Se compone de celdas que convierten la luz en electricidad. Dichas celdas se aprovechan del efecto fotovoltaico, mediante el cual la energía luminosa produce cargas positivas y negativas en dos semiconductos próximos de tipo P y N, por lo que se produce un campo eléctrico con la capacidad de generar energía. (Véase figura 1.14).

FIGURA 1.14: PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO



FUENTE: <http://eliseosebastian.com/Capas3>

Autores: Hervas Moreira, J. A.
Moscoso Noroña, M. F.

1.10.3. ELEMENTOS DE CONTROL Y CARGA

Dentro de los elementos de control y carga del sistema de generación, tenemos los siguientes:

- **Inversor de corriente:** Este elemento permite convertir la corriente continua (CC) en alterna (CA). Los inversores son dispositivos electrónicos los cuales permiten interrumpir las corrientes y cambiar su polaridad, de acuerdo a si el sistema de generación va a estar aislado de la red o conectado a ella, para los conectados a la red podemos utilizar inversores de conmutación natural, ya que la red determina el estado de conducción hacia los dispositivos eléctricos conectados al sistema, para sistema aislados se utilizan inversores de conmutación forzados ya que estos

permiten generar CA mediante conmutación forzada, que se refiere a la apertura y cierre forzado por el sistema de control. (Véase figura 1.15).

FIGURA 1.15: INVERSOR DE CORRIENTE



FUENTE: <http://www.solostocks.com/inversor>
Autores: Hervas Moreira, J. A.
Moscoso Noroña, M. F.

- **Regulador de carga:** Este elemento permite proteger a la batería en caso de sobrecarga o descargas profundas lo que minimiza la vida útil del sistema de almacenamiento, el regulador monitorea constantemente la tensión del banco de baterías, cuando la batería se encuentra cargada interrumpe el proceso de carga abriendo el circuito entre la generación y las baterías, cuando el sistema comienza a ser utilizado y las baterías a descargarse el regulador nuevamente conecta el sistema. (Véase figura 1.16).

FIGURA 1.16: REGULADOR DE CARGA



FUENTE: <http://eliseosebastian.com/Solar-Controllers>
Autores: Hervas Moreira, J. A.
Moscoso Noroña, M. F.

- **Sistema de almacenamiento:** El sistema de almacenamiento o banco de baterías está compuesto directamente de baterías las cuales almacenan energía, cuando la radiación solar y el viento disminuye las baterías son las encargadas de alimentar a la carga, los bancos pueden ser desde dos baterías y en la mayoría de los casos, los bancos de baterías son flotantes, es decir, operan sin una conexión a tierra. (Véase figura 1.17).

FIGURA 1.17: BANCO DE BATERÍAS



FUENTE: <http://portal.ipb.pt:7778/pls/portal>

Autores: Hervas Moreira, J. A.
Moscoso Noroña, M. F.

1.11. MARCO LEGAL

En estos últimos años, Ecuador ha tenido importantes cambios a nivel legislativo y regulatorio, como fue en 2008, la aprobación de una nueva Constitución, que posee varios artículos que sirven de apoyo a la investigación, los cuales son citados a continuación:

De la Constitución de la República del Ecuador, del Capítulo Segundo de los Derechos del Buen Vivir, se ha tomado en cuenta los siguientes artículos en los cuales se menciona los Derechos del Ambiente (Art. 14 y 15), Habitación y Vivienda (Art. 30), Personas Usuarias y consumidoras (Art. 52), Derechos de la Naturaleza (Art. 71 y 74), dichos artículos amparan el uso, la fomentación y aplicación de los recursos naturales en beneficio de todas las personas de nacionalidad ecuatoriana.

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Art. 30. - Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica.

Art. 52. - Las personas tienen derecho a disponer de bienes y servicios de óptima calidad y a elegirlos con libertad, así como a una información precisa y no engañosa sobre su contenido y características.

Art. 71. - La naturaleza o *Pachamama*, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Art. 74. - Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir.

De acuerdo a las leyes otorgadas por la Universidad nos valemos del Artículo 7 y 8 en los cuales se manifiesta lo siguiente:

Art. 7.- Para la obtención del grado académico de Licenciado, o del Título Profesional Universitario, el estudiante debe realizar y defender un proyecto de investigación conducente a una propuesta para resolver un problema o situación práctica, con características de viabilidad, rentabilidad y originalidad en los aspectos de acciones, condiciones de aplicación, recursos, tiempos y resultados.

Art. 8.- Los temas de trabajo de grado deben estar enmarcados en la Constitución del Buen Vivir, Plan Nacional de Desarrollo Ciencia y Tecnología, Líneas de investigación de la institución y contribuir al desarrollo.

CAPITULO II

2. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se estudió la localización, el viento y radiación solar del proyecto, se tabuló datos reales que fueron utilizados para el análisis de potencial eólico-solar. También se ejecutó una entrevista la cual sirvió para detallar las necesidades energéticas del sector y la respectiva tabulación que sirvió para la comprobación de la hipótesis a través de Chi-Cuadrado.

2.1. Estudio geográfico del lugar a instalar el sistema híbrido

2.1.1. Localización del proyecto

El Páramo de Chalupas se encuentra geográficamente ubicado entre los cantones de Archidona y Tena, entre la Reserva Ecológica Antisana y el Parque Nacional Llanganates, en el cual se encuentra el ya extinto Volcán Quilindaña.

Su rango de altitud va desde los 4.480 – 477 metros (está compuesta por 6 pisos climáticos que comprenden desde los 4000 metros en el páramo andino hasta los 480 metros a nivel del mar en los bosques de la Amazonía). En la misma se exploran los rincones de esta reserva considerada una de las zonas más biodiversas del planeta con 93.246 hectáreas, y que es usada como laboratorio de estudio por la Universidad Regional Amazónica (Ikiam).

El Páramo de Chalupas es conocido por los entusiastas del 4x4 como un sitio

hermoso pero que pocos han logrado dominar por las difíciles condiciones del terreno y el cambiante clima.

Del Cantón Latacunga nos dirigimos hacia el norte a la Parroquia de Aláquez en el cual se pierde la vía de asfalto y empieza las vías de tierra (segundo orden). Chalupas está situado al extremo sur del volcán Quilindaña rodeado por el Cerro el Morro (3700 m) al Occidente es una subcuenca del río Napo que se encuentra atravesado por el río chalupas y sus afluentes, su orografía es la de una fértil llanura paramera donde podemos encontrar grandes colinas, lagunas, quebradas y riachuelos de aguas cristalinas pobladas de truchas, y una rica fauna silvestre como son venados, conejos, lobos, cóndores, osos, dantas y más especies pequeñas, estas especies como en todos los páramos necesitan de la protección de personas e instituciones ya que se encuentran en peligro de extinción causados por personas inescrupulosas y cazadores furtivos que han destruido la rica fauna existente. Su flora es también variada en su mayoría cubierto por pajonales, hiervas silvestres, en los montes tenemos pantza, jata, romerillo, también una rica fruta paramera como es la chihuila, y la flor que crece en la parte más alta de la serranía llamada hurcurosa de una deslumbrante belleza.

Los páramos al estar cuidados por su propietarios y pastoreado por los animales de forma sostenida no constituye ningún peligro de destrucción para su entorno natural, por el contrario es un beneficio en cuanto a la fertilización del suelo para que se mantenga una buena capa vegetal, esto se demuestra porque durante cientos de años se ha realizado esta actividad y los suelos han mantenido su diversidad sin destrucción alguna y de esta manera conforma un corredor natural en la zona alta de la cuenca amazónica.

2.1.2. Estudio de la velocidad del viento

La información obtenida es real, los mismos que fueron considerados desde el 15 de Febrero del 2015 al 31 de Julio del 2015 y fueron obtenidos en base a la mini estación meteorológica colocada por el grupo investigador en el Páramo de Chalupas para obtener un estudio continuo de las 24 horas del día.

La estación meteorológica consta de un sistema de adquisición de datos, sensores de temperatura, también consta de un anemómetro en cual se encarga de medir la velocidad de viento a diferentes unidades (millas por hora, kilómetros por hora, metros por segundo), y también posee una veleta la cual brinda la dirección del viento.

La siguiente tabla detalla los datos proporcionados por dicha estación antes mencionada de manera general, sobre la velocidad del viento y una velocidad promedio del viento. (Véase tabla 2.1).

TABLA 2.1. VELOCIDAD DEL VIENTO

TIEMPO DE ESTUDIO				
MES	TEMPERATURA MÍNIMA °C	TEMPERATURA MÁXIMA °C	VELOCIDAD MAX m/s	VELOCIDAD MIN m/s
FEBRERO	5	24	10,83	2,78
MARZO	7	12	13,06	2,22
ABRIL	7	30	15,83	3,89
MAYO	5	22	14,72	3,89
JUNIO	5	19	15	3,89
JULIO	4	20	15,56	4,44
PROMEDIO	6	21	14,17	3,52
MAXIMO	7	30	15,83	4,44
MINIMO	4	12	10,83	2,22

FUENTE: Grupo Investigador
ELABORADOR POR: Grupo investigador

2.1.3. Estudio de la irradiación solar

La información obtenida es a base de datos reales, los mismos que fueron considerados desde el 15 de Febrero del 2015 al 31 de Julio del 2015 y fueron obtenidos en base a un piranómetro colocado en el lugar del proyecto por el grupo investigador ubicado en el Páramo de Chalupas mediante un estudio continuo de las 12 horas del día en que se manifiesta el sol.

La siguiente tabla detalla los datos proporcionados por dicho equipo de medición antes mencionado de manera general, sobre la irradiación solar y una irradiación promedio del sol. (Véase tabla 2.2).

TABLA 2.2. IRRADIACIÓN SOLAR

TIEMPO DE ESTUDIO		
Mes	TEMPERATURA MAXIMA °C	Radiación W/m2
FEBRERO	24	1291
MARZO	19	1256
ABRIL	30	1396
MAYO	18	1286
JUNIO	19	1256
JULIO	18	1286
PROMEDIO	21	1295
MAXIMO	30	1396
MINIMO	18	1256

FUENTE: Grupo investigador

Elaborador por: Grupo investigador

2.2. DISEÑO METODOLÓGICO

2.2.1. Investigación experimental

Con la aplicación de la investigación experimental se pudo llegar a la manipulación de variables e intervención directa a ellas donde se logró observar con gran claridad el desarrollo y las consecuencias de las mismas, como es el caso del voltaje y la corriente resultante.

Estamos directamente relacionados con la intervención de las variables en donde se tuvo el control y manipulación de estas, las cuales nos indicaron la evolución y el tratamiento experimental.

2.2.2. Métodos de investigación

2.2.2.1. Método inductivo

Este tipo de método se utilizó la razón y la lógica, esto nos fue útil para llegar a conclusiones a partir de una hipótesis y su respectiva comprobación en base a los datos previamente obtenidos, luego se realizó investigaciones y cálculos, y finalmente realizó la demostración teórica a la práctica, se obtuvo un resultado claro, el cual fue el funcionamiento del sistema híbrido.

2.2.2.2. Método Deductivo

En este método utilizamos la totalidad de técnicas, leyes, enunciados y reglas; con ésta ayuda se logró deducir las posibles finalizaciones o resultados, y así se obtuvo una guía directa sobre la necesidad y veracidad de los datos tabulados basados en el instrumental que se utilizó, para la correcta selección de equipos y el funcionamiento de los mismos.

Este método proporcionó las ideas necesarias y así se obtuvo la información requerida para el análisis de los equipos de generación y la correcta selección de los mismos.

2.2.3. Técnicas de investigación

2.2.3.1. La Observación

La observación fue la técnica más empleada ya que en base al uso de nuestros ojos nos cercioramos de cada uno de los datos obtenidos, y de esta forma hacer la respectiva tabulación y cálculos que determinaron la factibilidad del uso de los equipos para la obtención de la energía deseada.

Es este punto la observación nos ayudó a determinar los errores e inconsistencias existentes para su corrección, así como para la apreciación de la generación en los diferentes sistemas de medición instalados y sus variables.

2.2.3.2. La entrevista

La entrevista fue la técnica apropiada que adoptó el grupo para obtener la información que nos brindaron los moradores del sector donde se implementó el sistema, y así se logró conocer las necesidades y usos en que la energía se aprovechó, como son aspectos que iban desde la información hasta la alimentación de los beneficiarios.

Esta técnica proporcionó información veraz y necesaria la cual impulsó a la pronta culminación del proyecto para la satisfacción de cada uno de sus usuarios.

2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población involucrada (Universo) para nuestra investigación fue considerada como pequeña la misma que no resulta difícil investigar a todos los elementos que la conforman, por tanto es factible obtener información, en la Tabla 2.4 se reflejan los involucrados, así que se le aplicó a toda la población el instrumento respectivo para la obtención de información que se desea obtener.

TABLA 2.4: POBLACIÓN INVOLUCRADA

Items	Involucrados	Número
1	Usuarios del sistema híbrido	4
	TOTAL	4

FUENTE: Grupo investigador

2.4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El banco de preguntas de la entrevista fue elaborada por el grupo de

investigadores para la recopilación de datos, fue aplicada a los residentes del sector; con los datos obtenidos se conoció las necesidades energéticas y se realizó el respectivo análisis de potencial y así se determinó la factibilidad para implementar un sistema híbrido de generación eléctrica a base del uso de energías alternativas.

A continuación se presenta los resultados obtenidos de los residentes entrevistados, donde se detalla cada una de las preguntas y se procede a presentar la tabulación y su representación gráfica en porcentajes, con las que llegaremos a obtener la interpretación y el análisis respectivo.

Pregunta N° 1:

¿Cuál es el servicio básico del que carece el sector?

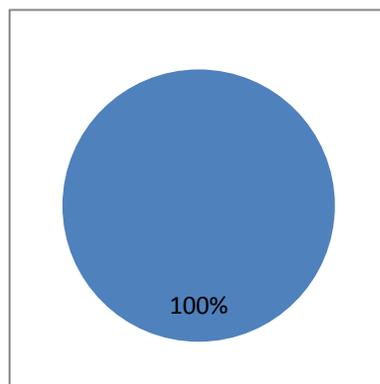
TABLA 2.5: RESUMEN DE LA PREGUNTA N°1

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Energía Eléctrica	4	100%
Total	4	100%

FUENTE: Entrevistas aplicadas a los residentes del sector

ELABORADO POR: Grupo investigador

FIGURA 2.1: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA N°1



FUENTE: Entrevistas aplicadas a los residentes del sector

ELABORADO POR: Grupo investigador

Análisis

De los 4 residentes entrevistados, el 100% dice que la principal ausencia es la del servicio energético.

Interpretación

Se puede notar que los residentes del sector se encuentran en total acuerdo y manifiestan que la energía eléctrica es el servicio que más necesitan para su propio desarrollo y el de sus familias.

Pregunta N° 2:

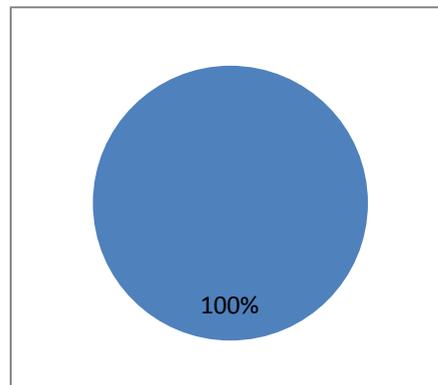
¿Qué piensa acerca de la posibilidad de tener suministro eléctrico?

TABLA 2.6: RESUMEN DE LA PREGUNTA N°2

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Aspecto favorable para la vida y desarrollo de sus familias	4	100%
Total	4	100%

FUENTE: Entrevistas aplicadas a los residentes del sector
ELABORADO POR: Grupo investigador

FIGURA 2.2: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA N°2



FUENTE: Entrevistas aplicadas a los residentes del sector
ELABORADO POR: Grupo investigador

Análisis

De los 4 residentes entrevistados, el 100% dicen que al tener energía eléctrica ayudara en el desarrollo de todas las personas.

Interpretación

Las personas entrevistadas manifestaron que la energía eléctrica ayudará a cambiar su estilo de vida ya que podrán gozar de beneficios como el uso de televisión o una radiograbadora.

Pregunta N° 3:

¿En qué ayudará y cuál será el beneficio de la energía eléctrica?

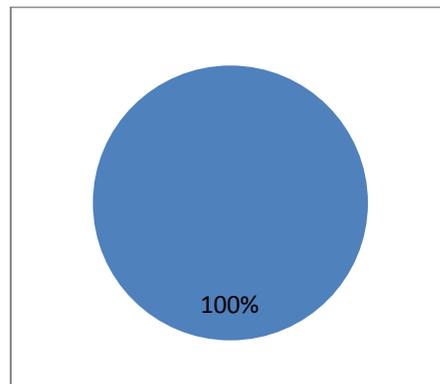
TABLA 2.7: RESUMEN DE LA PREGUNTA N°3

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Desarrollo de pensamiento, Desarrollo psicosocial.	4	100%
Total	4	100%

FUENTE: Entrevistas aplicadas a los residentes del sector

ELABORADO POR: Grupo investigador

FIGURA 2.3: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA N°3



FUENTE: Entrevistas aplicadas a los residentes del sector

ELABORADO POR: Grupo investigador

Análisis

De los 4 residentes entrevistados, el 100% dice que la energía ayudara en el desarrollo del conocimiento, y a ser mejores personas y entender de mejor manera a sus familias.

Interpretación

Todos los residentes tienen anhelos de superación, por ende la energía eléctrica les ayudará a interpretar de mejor manera los aspectos de vida, compartir momentos en familia y aprovechando mayores lapsos de tiempo destinados al diálogo y convivencia.

Pregunta N° 4:

¿Le gustaría estar informado sobre los acontecimientos nacionales e internacionales y así mejorar su calidad de vida?

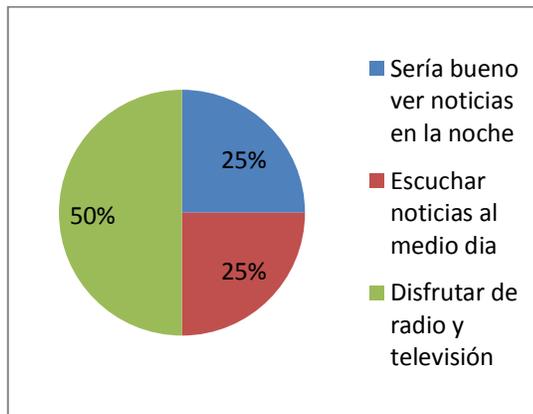
TABLA 2.8: RESUMEN DE LA PREGUNTA N°4

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Sería bueno ver noticias en la noche	1	25,00%
Escuchar noticias al medio día	1	25,00%
Disfrutar de radio y televisión	2	50,00%
Total	4	100,00%

FUENTE: Entrevistas aplicadas a los residentes del sector

ELABORADO POR: Grupo investigador

FIGURA 2.4: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA N°4



FUENTE: Entrevistas aplicadas a los residentes del sector

ELABORADO POR: Grupo investigador

Análisis

De los 4 residentes entrevistados, el 25 % quisieran ver noticias en la noche, el otro 50 % quisiera escuchar noticias al medio día, y el 25 % quiere disfrutar de la radio y la televisión sin importar la hora del día.

Interpretación

Los residentes manifiestan que su interés es conocer los acontecimientos de vida a distintas horas del día, sin importar el medio de comunicación.

Pregunta N° 5:

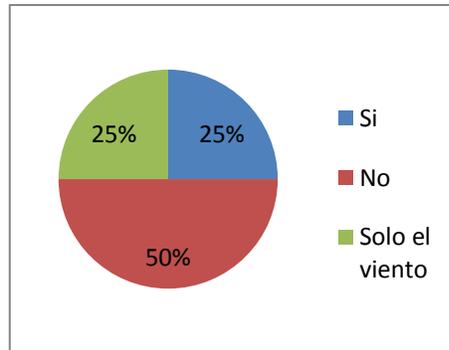
¿Sabía usted que el viento y el sol son fuentes naturales que sirven para la generación de energía?

TABLA 2.9: RESUMEN DE LA PREGUNTA N°5

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	1	25,00%
No	2	50,00%
Solo el viento	1	25,00%
Total	4	100,00%

FUENTE: Entrevistas aplicadas a los residentes del sector
ELABORADO POR: Grupo investigador

FIGURA 2.5: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA N°5



FUENTE: Entrevistas aplicadas a los residentes del sector
ELABORADO POR: Grupo investigador

Análisis

De los 4 residentes entrevistados, el 25 % conoce sobre las fuentes naturales para generar energía, el 50 % no conoce sobre las fuentes naturales o energías renovables y el último 25 % dice que solo sabía que el viento sirve para generar energía.

Interpretación

Los residentes no tienen ningún conocimiento sobre las fuentes renovables y aún menos sobre la posibilidad de generar energía mediante estas fuentes.

Pregunta N° 6:

¿Ha obtenido propuestas para implementar algún tipo de sistema de generación de energía en el sector?

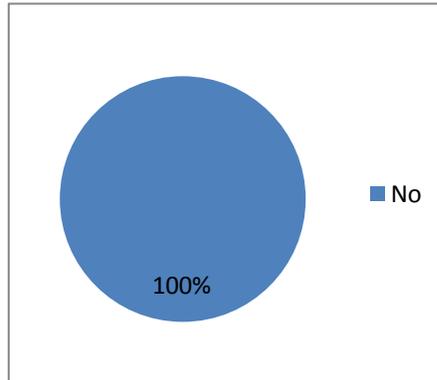
TABLA 2.10: RESUMEN DE LA PREGUNTA N°6

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
No, nunca se han manifestado	4	100%
Total	4	100%

FUENTE: Entrevistas aplicadas a los residentes del sector

ELABORADO POR: Grupo investigador

FIGURA 2.6: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA N°6



FUENTE: Entrevistas aplicadas a los residentes del sector

ELABORADO POR: Grupo investigador

Análisis

De los 4 residentes entrevistados, el 100 % nunca han recibido ningún tipo de propuesta para aprovechar los recursos naturales del sector.

Interpretación

Los residentes entrevistados se muestran con un gran interés por tener este sistema generación, ya que es un servicio gratuito y así pueden suplir sus necesidades energéticas.

Pregunta N° 7:

¿En qué tipo de artefactos emplearía usted la energía eléctrica?

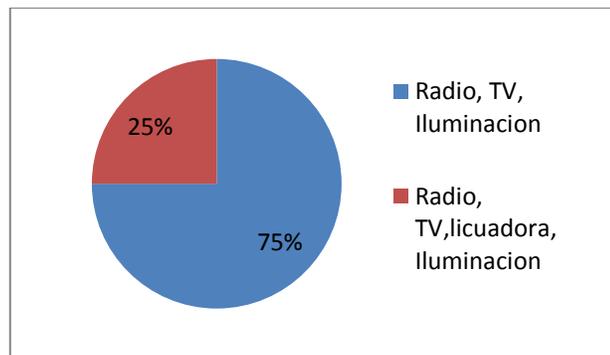
TABLA 2.11: RESUMEN DE LA PREGUNTA N°7

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Radio, TV, Iluminación	3	75%
Radio, TV, licuadora, Iluminación	1	25%
Total	4	100%

FUENTE: Entrevistas aplicadas a los residentes del sector

ELABORADO POR: Grupo investigador

FIGURA 2.7: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA N°7



FUENTE: Entrevistas aplicadas a los residentes del sector

ELABORADO POR: Grupo investigador

Análisis

De los 4 residentes entrevistados, el 75 % quiere utilizar radio, televisión e iluminación y el 25 % quiere utilizar radio, televisión, iluminación y de vez en cuando una licuadora.

Interpretación

Los moradores del sector están enfocados en la iluminación de sus viviendas y el uso de tecnología para estar informado de lo que acontece en el exterior, y solo una persona se preocupó de lo mismo incluyendo una licuadora para uso eventual.

Pregunta N° 8:

¿Qué le parece a usted la vinculación de los estudiantes de la UTC con el pueblo?

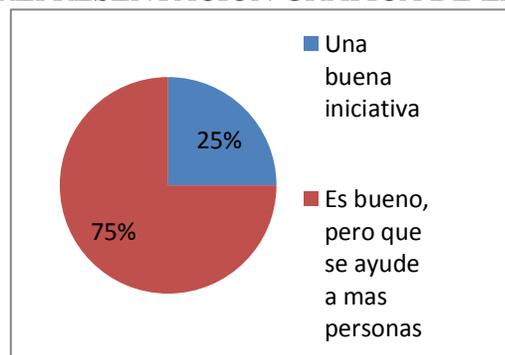
TABLA 2.12: RESUMEN DE LA PREGUNTA N°8

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Una buena iniciativa	1	25%
Es bueno, pero que se ayude a más personas	3	75%
Total	4	100%

FUENTE: Entrevistas aplicadas a los residentes del sector

ELABORADO POR: Grupo investigador

FIGURA 2.8: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA N°8



FUENTE: Entrevistas aplicadas a los residentes del sector

ELABORADO POR: Grupo investigador

Análisis

De los 4 residentes entrevistados, el 75 % dice que es bueno pero que también se debe ayudar a más personas, y el 25 % manifiesta que es una buena iniciativa de la Universidad con las personas de lugares lejanos.

Interpretación

Hay personas del sector que se encuentran en desacuerdo ya que el beneficio de la energía no es para todos, pero al mismo tiempo todos están contentos debido a que hay una Institución que se acuerda del Páramo de Chalupas.

En la tabla 2.10, se detalla de manera general los resultados obtenidos tanto de frecuencias y porcentajes de la entrevista realizada a los moradores del Páramo de Chalupas, que nos servirá para la verificación de la hipótesis planteada.

TABLA 2.13: TABLA GENERAL DE FRECUENCIAS Y PORCENTAJES

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA			PORCENTAJE		
	SI (favorable)	NO (no favorable)	TOTAL	SI	NO	TOTAL
Pregunta 1	4	0	4	100%	0%	100%
Pregunta 2	4	0	4	100%	0%	100%
Pregunta 3	4	0	4	100%	0%	100%
Pregunta 4	4	0	4	100%	0%	100%
Pregunta 5	2	2	4	50%	50%	100%
Pregunta 6	0	4	4	0%	100%	100%
Pregunta 7	4	0	4	100%	0%	100%
Pregunta 8	4	0	4	100%	0%	100%

FUENTE: Entrevistas aplicadas a los residentes del sector
ELABORADO POR: Grupo investigador

2.5. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

2.5.1. Enunciado

“Cómo el análisis del potencial eólico y solar permitirá implementar un sistema híbrido de generación eléctrica en el Páramo Chalupas, para dotar de energía eléctrica mediante el uso de energías renovables a una familia del sector”

2.5.2. Hipótesis nula

Cómo el análisis del potencial eólico y solar NO permitirá implementar un sistema híbrido de generación eléctrica en el Páramo Chalupas, para dotar de energía eléctrica mediante el uso de energías renovables a una familia del sector.

2.5.3. Comprobación de la hipótesis

Para la comprobación de la hipótesis en la presente investigación se utilizara el método estadístico chi-cuadrado, el cual es empleado para comprobar si una hipótesis es verdadera o falsa mediante la relación de las frecuencias tabuladas y las frecuencias esperadas se utilizó la **Ec. (1)**

$$x^2 = \sum \frac{(F_o - F_e)^2}{F_e} \quad \text{Ec. (1)}$$

Dónde:

x^2 = chi-cuadrado

Σ = sumatoria

F_o = frecuencias tabuladas

F_e = frecuencias esperadas

Además de conocer el valor de chi-cuadrado se deberá conocer el margen de error o nivel de confianza de 5% equivalente al 0.05 en la mayoría de los casos

y su grado de libertad el cual se obtiene a través de la **Ec. (2)**

$$G = (f - 1)(c - 1) \quad \text{Ec. 2}$$

Dónde:

G = grados de libertad

f = filas

c = columnas

La hipótesis puede ser comprobada considerando el χ^2 de la tabla con respecto χ^2 calculado.

Criterios para verificar una hipótesis

- a) Si χ^2 calculado es mayor o igual a χ^2 tabla se acepta la hipótesis de trabajo y se rechaza la hipótesis nula.
- b) Si χ^2 tabla es mayor a χ^2 calculado se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis de trabajo.

Verificación de la hipótesis

Para la verificación de la hipótesis se procederá a determinar el χ^2 de la tabla el cual se obtiene por el grado de libertad y el nivel de confianza igual a 0.05 en la **Ec. 2**

$$G = (f - 1)(c - 1)$$

$$G = (8 - 1)(2 - 1)$$

$$G = (7)(1)$$

$$G = 7$$

Nivel de significancia 0.05

Chi-cuadrado de la tabla para 7 grados de libertad y 0.05 nivel de significancia

Ver Anexo 1 (Tabla de frecuencia por Chi-cuadrado)

$$x^2_{tabla} = 14.067$$

A continuación se procederá a calcular el chi-cuadrado mediante el empleo de la variable independiente y dependiente.

Variable independiente

- Análisis de potencial eólico-solar

Variable dependiente

- Generación de energía eléctrica en base a energías alternativas

TABLA 2.14: FRECUENCIA OBSERVADA

Pregunta N°	SI (favorable)	NO (no favorable)	TOTAL
1	4	0	4
2	4	0	4
3	4	0	4
4	4	0	4
5	2	2	4
6	0	4	4
7	4	0	4
8	4	0	4
TOTAL	26	6	32

FUENTE: Grupo Investigador

TABLA 2.15: FRECUENCIA ESPERADA

Pregunta N°	SI (favorable)	NO (no favorable)
1	3,25	0,75
2	3,25	0,75
3	3,25	0,75
4	3,25	0,75
5	0,75	0,75
6	0,75	0,75
7	0,75	0,75
8	0,75	0,75

FUENTE: Grupo Investigador

Con la ayuda de la **Tabla (2.14)** se calculara el valor de chi-cuadrado.

TABLA 2.16: PRUEBA DEL CHI-CUADRADO

N°	Fo	Fe	Fo-Fe	(Fo-Fe) ²	(Fo-Fe)/Fe
1	4	3,25	0,75	0,56	0,17
2	4	3,25	0,75	0,56	0,17
3	4	3,25	0,75	0,56	0,17
4	4	3,25	0,75	0,56	0,17
5	2	3,25	-1,25	1,56	0,48
6	0	3,25	-3,25	10,56	3,25
7	4	3,25	0,75	0,56	0,17
8	4	3,25	0,75	0,56	0,17
9	0	0,75	-0,75	0,56	0,75
10	0	0,75	-0,75	0,56	0,75
11	0	0,75	-0,75	0,56	0,75
12	0	0,75	-0,75	0,56	0,75
13	2	0,75	1,25	1,56	2,08
14	4	0,75	3,25	10,56	14,08
15	0	0,75	-0,75	0,56	0,75
16	0	0,75	-0,75	0,56	0,75
					25,41

FUENTE: Grupo Investigador

$$x^2c = 25.41 > x^2t = 14.067$$

En análisis con el resultado y en referencia a los criterios de verificación de la hipótesis, x^2c es mayor que x^2t por lo cual se acepta la hipótesis planteada para el proyecto de investigación, **“El análisis del potencial eólico y solar para la implementación de un sistema híbrido de generación eléctrica en base al uso de energías alternativas”**, Y se rechaza la hipótesis nula.

2.5.4. REGLA DE DECISIÓN

Mediante los resultados obtenidos en las entrevistas y la demostración del CHI-CUADRADO, más los datos de los estudios de los recursos eólico-solares (Véase tabla 2.17), se concluyó en la aprobación de la hipótesis y se determinó que es factible la implementación de un sistema híbrido de generación eléctrica, el cual es de gran aporte para los beneficiarios y sirve directamente para mejorar sus estándares de vida, mejorar su sistema de información, el acceso a una red de iluminación.

TABLA 2.17. CONCRECIÓN DE HIPÓTESIS

TIEMPO DE ESTUDIO EÓLICO Y SOLAR					
MES	TEMPERATURA MÍNIMA °C	TEMPERATURA MÁXIMA °C	VELOCIDAD MAX m/s	VELOCIDAD MIN m/s	RADIACIÓN W/m2
FEBRERO	5	24	10,83	2,78	1291
MARZO	7	12	13,06	2,22	1256
ABRIL	7	30	15,83	3,89	1396
MAYO	5	22	14,72	3,89	1286
JUNIO	5	19	15	3,89	1257
JULIO	4	20	15,56	4,44	1286
PROMEDIO	6	21	14,17	3,52	1295
MAXIMO	7	30	15,83	4,44	1396
MINIMO	4	12	10,83	2,22	1256

FUENTE: Grupo Investigador

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO DEL PROYECTO

En este capítulo se detalló el análisis de potencial eólico-solar y uno de los parámetros más importantes a valorar para el análisis, es la ubicación que se determinó para la implementación; considerando que la potencia que se obtuvo varió con respecto a la velocidad del viento y a la irradiación solar.

Concluyendo, que se alcanzó un mayor rendimiento en lugares de mayor altura donde el viento tenga mayor velocidad y que la irradiación sea la más alta posible, por ende se asumió la proporcionalidad de la velocidad del viento con respecto a la altura para evitar obstáculos que puedan intervenir o alterar su velocidad y dirección. Además se tuvo que considerar la densidad y estabilidad que presentó el flujo de viento, es decir, debe existir una frecuencia constante del mismo.

3.1. TEMA

“ANÁLISIS DEL POTENCIAL EÓLICO Y SOLAR PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN BASE AL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS EN EL PÁRAMO CHALUPAS, PERIODO 2015.”

3.2. PRESENTACIÓN

El trabajo de investigación que desarrolló el grupo investigador, fue de aporte tecnológico, al haber fortalecido los conocimientos de los miembros investigadores, así mismo fue de gran aporte para los residentes del sector y directos beneficiarios. Eso también ayudó al usuario a mejorar su estilo de vida ya que pudo suplir las distintas necesidades energéticas que se le presentaron en su diario vivir.

3.3. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación tuvo como objeto demostrar el principio de generación eléctrica a través del aprovechamiento de los recursos renovables, que en este caso es el recurso eólico y solar, que fue reflejado en el análisis de potencial para la implementación de un sistema híbrido de generación eléctrica.

Se plantea como solución, la implementación de un sistema híbrido, el cual generó electricidad a partir de la fuerza del viento y de la irradiación solar, tanto en el día como en la noche, compuesto por un aerogenerador y un panel solar fotovoltaico, estos instrumentos se utilizaron para transformar los recursos naturales en energía eléctrica.

Los motivos por los que se escogió un sistema híbrido para dar suministro eléctrico a una familia del Páramo de Chalupas, son las siguientes:

1. Las características del viento en el sector y el aprovechamiento de los mismos.
2. La irradiación solar del lugar brindó la posibilidad de instalar paneles solares para su captación y aprovechamiento energético.

La implementación se basó en un banco de baterías, un regulador de carga y un inversor de corriente.

3. En principio, el movimiento de las aspas conectadas a un eje y este a la caja multiplicadora, aumenta las revoluciones dentro del generador eléctrico y de esta manera se obtuvo corriente continua. Por otro lado el panel solar capta la irradiación solar mediante el uso de materiales P y N.
4. En este punto, la energía generada pasó por el regulador de carga el cual censó el estado de la batería y determinó su uso o estado de transición, después esta energía pasó al inversor de corriente; el cual cambió la polaridad de la energía convirtiéndola en alterna la cual es adecuada para uso de artefactos eléctricos y electrónicos existentes en las residenciales.

Lo antes expuesto se basó en un sistema de generación de baja potencia.

3.4. OBJETIVOS

3.4.1. Objetivo General

- Analizar el potencial eólico-solar mediante instrumentación y toma de datos reales para implementar un sistema híbrido de generación eléctrica en base al uso de energías alternativas en el Páramo Chalupas.

3.4.2. Objetivos Específicos

- Aprovechar los recursos naturales renovables para satisfacer las necesidades energéticas y mejorar el desarrollo psicosocial del ser humano.
- Analizar y tabular los datos obtenidos mediante la utilización de instrumentos para determinar la eficiencia del sistema de generación.
- Implementar un sistema híbrido de generación eléctrica.

3.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

3.5.1. Factibilidad Técnica

Se demuestra una factibilidad técnica al momento que se adquirió los equipos, los elementos de control, generación, almacenamiento y medición, los mismos que forman parte del sistema híbrido, la amplia gama de productos en el mercado ayudó adquirir elementos de calidad, lo que hace al sistema muy confiable.

3.5.2. Factibilidad Económica

El recurso económico fue aporte del grupo investigador, es decir que por medio de la adquisición de los equipos necesarios (\$ 4,200.00) donde se aprovechó los recursos naturales y generar energía eléctrica, esto se puede deducir de una manera simple ya que solicitando a la Empresa Eléctrica pertinente que dote de este servicio al sector de Chalupas presentó diversos inconvenientes como son:

- La lejanía de lugar.
- Un solo punto de acceso el cual es por la Parroquia de Aláquez.
- La distancia a recorrer desde el último punto de la red.
- La implementación de torres de transmisión.
- La subestación a incorporarse en el último punto de la línea.
- Los sistemas de protección.
- La mano de obra, tiempo de ejecución y logística del proyecto.
- Sistemas de distribución de energía.
- Perforación y montaje de postes.
- Adquisición de carretes de alambre conductor de energía.

En estos puntos citados entendimos que un proyecto de esta magnitud y alcance no pudo ser ejecutado por la Empresa Eléctrica pertinente debido a los elevados costos a los que se encontró sujeto el proyecto, a más que dicha inversión no se justificó ya que el número de beneficiarios no se extiende a más de 4 familia o 19 personas.

Es por esto que el gasto realizado por el grupo investigador es aceptable para dotar de energía a una familia del lugar.

3.5.3. Factibilidad Operacional

Los conocimientos adquiridos en el transcurso de la vida estudiantil ayudaron a una correcta manipulación del sistema híbrido por parte de los postulantes y la debida instrucción de trabajo a los moradores del sector, esto garantizó el correcto uso del sistema con la menor manipulación del mismo ya que una de sus principales ventajas es la vida útil con un reducido mantenimiento.

3.6. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

El análisis de potencial eólico-solar, se dio a partir de los datos obtenidos de las velocidades del viento y de la irradiación solar.

La obtención de datos se la realizó por un lapso de tiempo de seis meses en el punto donde se realizó el proyecto, en el cual se expresó las temperaturas máximas y mínimas en grados centígrados (°C), velocidad del viento máxima y mínima (Km/h y m/s), de la misma manera promedios generales de todos los meses, se tomó en cuenta para el cálculo que todos los datos de viento han sido obtenidos a una altura de 4 m.s.n.s. (metros sobre el nivel del suelo), y los datos de irradiación solar se los obtuvo directamente al nivel del suelo.

Para la obtención de datos se utilizó una mini estación meteorológica la cual nos brindó datos de velocidad del viento, temperaturas, humedad y de la dirección del viento.

Por otra parte, para obtener los datos de irradiación solar se utilizó un piranómetro el cual nos proporcionó datos de la irradiación solar, así como también datos de la temperatura.

3.6.1. Estudio eólico

A continuación se detalla el historial de datos obtenidos de las mediciones del viento de los últimos seis meses, incluida una gráfica lineal donde se expresa valores máximos y mínimos de las velocidades:

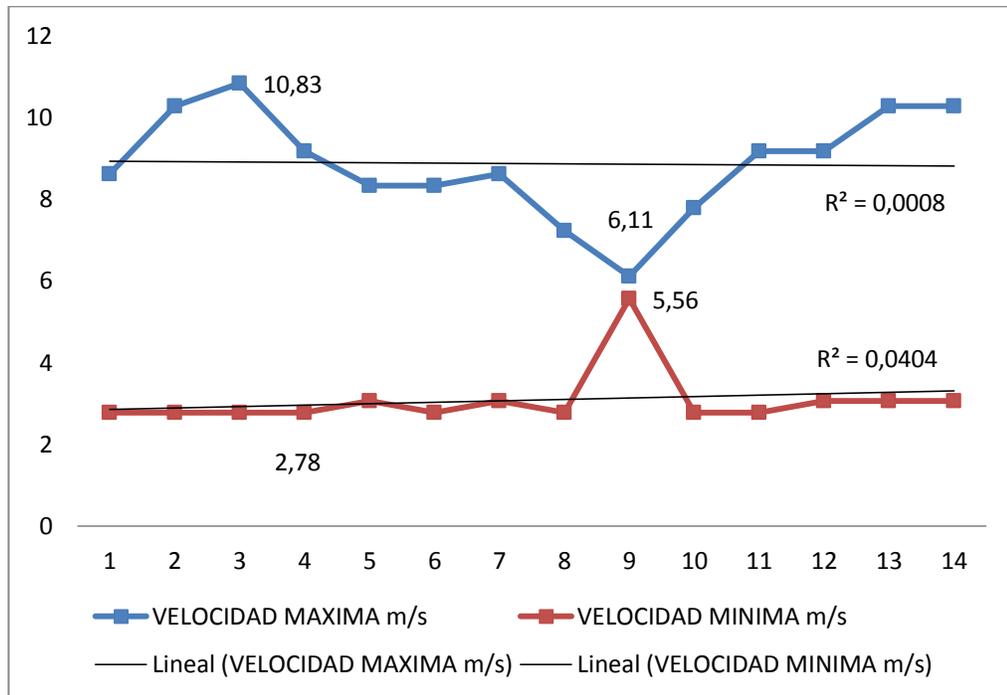
TABLA 3.1. ESTUDIO EÓLICO DE FEBRERO

FEBRERO						
FECHA	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	VELOCIDAD MAX Km/h	VELOCIDAD MIN Km/h	VELOCIDAD MAX m/s	VELOCIDAD MIN m/s
15/02/2015	10	17	31	10	8,61	2,78
16/02/2015	10	21	37	10	10,28	2,78
17/02/2015	10	22	39	10	10,83	2,78
18/02/2015	8	24	33	10	9,17	2,78
19/02/2015	11	21	30	11	8,33	3,06
20/02/2015	9	24	30	10	8,33	2,78
21/02/2015	5	24	31	11	8,61	3,06
22/02/2015	10	20	26	10	7,22	2,78
23/02/2015	13	18	22	20	6,11	5,56
24/02/2015	10	23	28	10	7,78	2,78
25/02/2015	10	20	33	10	9,17	2,78
26/02/2015	10	22	33	11	9,17	3,06
27/02/2015	11	20	37	11	10,27	3,06
28/02/2015	11	20	37	11	10,28	3,06
PROMEDIO	9,86	21,14	31,93	11,07	8,87	3,08
MAXIMO	13	24	39	20	10,83	5,56
MINIMO	5	17	22	10	6,11	2,78

FUENTE: Datos del grupo investigador

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICA 3.1. VELOCIDAD MAX Y MIN DE FEBRERO



ELABORADO POR: Grupo investigador

Interpretación

Mediante la observación de los datos pudimos analizar que el rango máximo (10.83 m/s) es apropiado para la generación eléctrica, mientras que el rango mínimo (2.78 m/s) no es un valor en el cual el aerogenerador podrá brindar generación eléctrica al 100 %, y la velocidad media de este mes (6.80 m/s) es favorable para la generación.

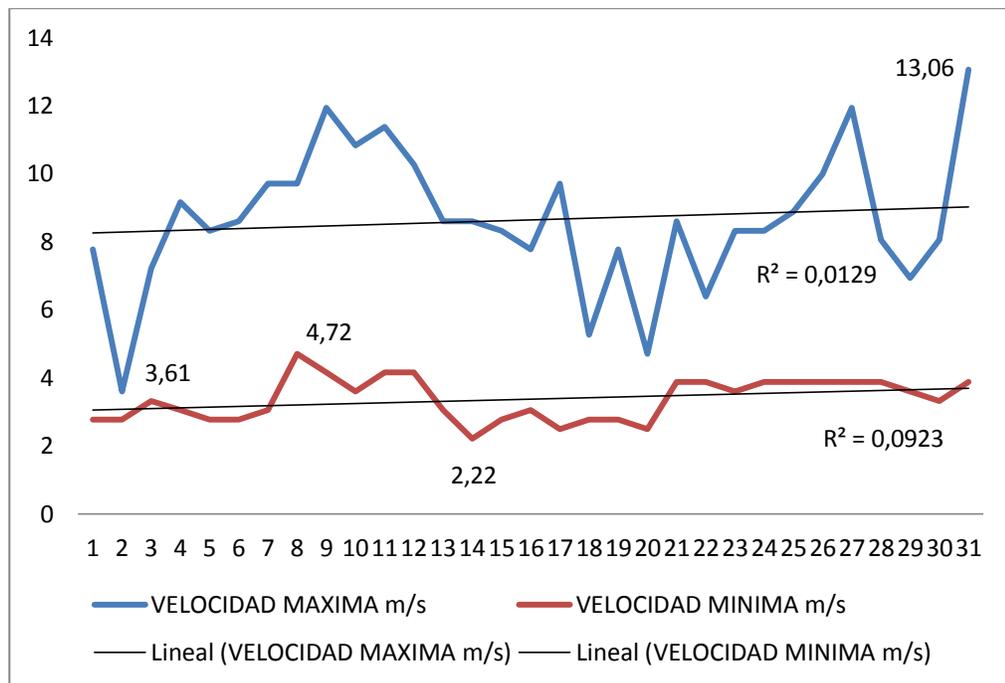
TABLA 3.2. ESTUDIO EÓLICO DE MARZO

MARZO						
FECHA	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	VELOCIDAD MAX Km/h	VELOCIDAD MIN Km/h	VELOCIDAD MAX m/s	VELOCIDAD MIN m/s
01/03/2015	11	21	28	10	7,78	2,78
02/03/2015	10	20	13	10	3,61	2,78
03/03/2015	8	15	26	12	7,22	3,33
04/03/2015	12	19	33	11	9,17	3,06
05/03/2015	11	19	30	10	8,33	2,78
06/03/2015	9	18	31	10	8,61	2,78
07/03/2015	11	19	35	11	9,72	3,06
08/03/2015	10	18	35	17	9,72	4,72
09/03/2015	10	18	43	15	11,94	4,17
10/03/2015	12	20	39	13	10,83	3,61
11/03/2015	11	20	41	15	11,39	4,17
12/03/2015	10	20	37	15	10,28	4,17
13/03/2015	11	18	31	11	8,61	3,06
14/03/2015	11	30	31	8	8,61	2,22
15/03/2015	11	18	30	10	8,33	2,78
16/03/2015	10	18	28	11	7,78	3,06
17/03/2015	11	19	35	9	9,72	2,5
18/03/2015	8	15	19	10	5,28	2,78
19/03/2015	10	18	28	10	7,78	2,78
20/03/2015	10	16	17	9	4,72	2,50
21/03/2015	8	20	31	14	8,61	3,89
22/03/2015	11	18	23	14	6,39	3,89
23/03/2015	7	21	30	13	8,33	3,61
24/03/2015	11	21	30	14	8,33	3,89
25/03/2015	11	19	32	14	8,89	3,89
26/03/2015	10	28	36	14	10	3,89
27/03/2015	10	18	43	14	11,94	3,89
28/03/2015	9	18	29	14	8,06	3,89
29/03/2015	11	16	25	13	6,94	3,61
30/03/2015	9	19	29	12	8,06	3,33
31/03/2015	11	18	47	14	13,06	3,89
PROMEDIO	10	19	31,13	12,16	8,65	3,38
MAXIMO	12	30	47	17	13,06	4,72
MINIMO	7	15	13	8	3,61	2,22

FUENTE: Datos del grupo investigador

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICA 3.2. VELOCIDAD MAX Y MIN DE MARZO



ELABORADO POR: Grupo investigador

Interpretación

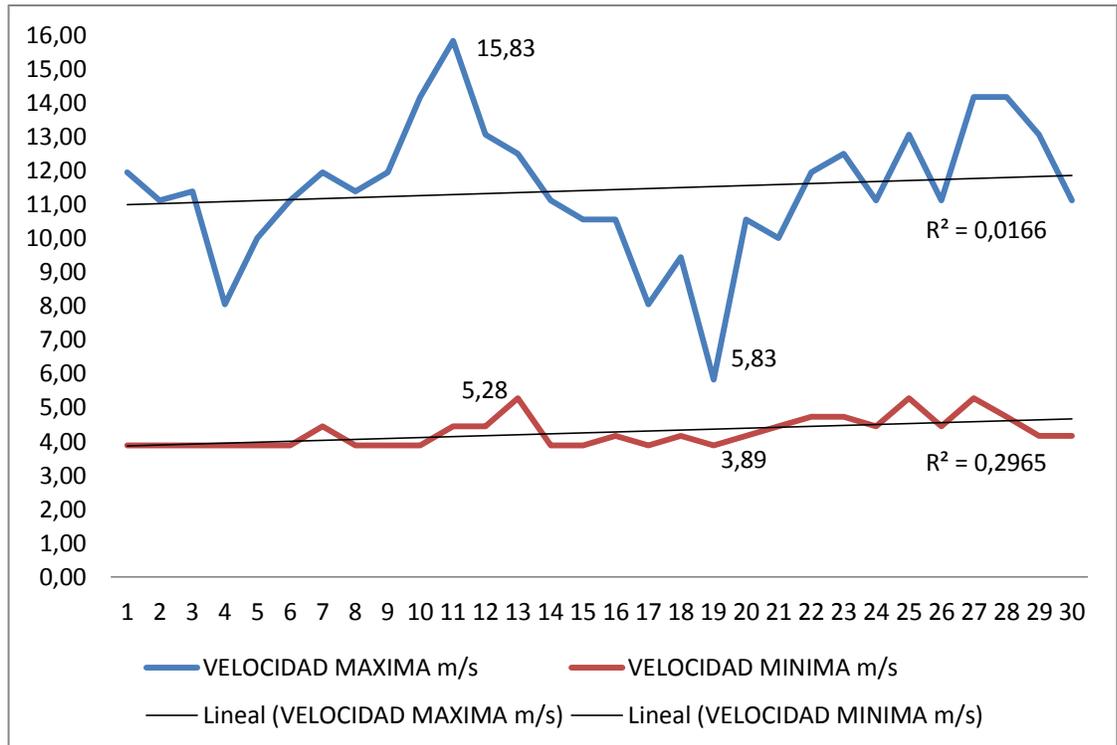
Mediante la observación de los datos podemos analizar que el rango máximo (13.06 m/s) es apropiado para la generación eléctrica, mientras que el rango mínimo (2.22 m/s) no es un valor en el cual el aerogenerador podrá brindar generación eléctrica pero mantendrá su generación, y la velocidad media de este mes (7.64 m/s) es favorable para la generación.

TABLA 3.3. ESTUDIO EÓLICO DE ABRIL

FECHA	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	VELOCIDAD MAX Km/h	VELOCIDAD MIN Km/h	VELOCIDAD MAX m/s	VELOCIDAD MIN m/s
01/04/2015	11	18	43	14	11,94	3,89
02/04/2015	10	17	40	14	11,11	3,89
03/04/2015	10	19	41	14	11,39	3,89
04/04/2015	7	27	29	14	8,06	3,89
05/04/2015	10	20	36	14	10	3,89
06/04/2015	10	17	40	14	11,11	3,89
07/04/2015	10	18	43	16	11,94	4,44
08/04/2015	10	18	41	14	11,39	3,89
09/04/2015	10	29	43	14	11,94	3,89
10/04/2015	10	20	51	14	14,17	3,89
11/04/2015	11	19	57	16	15,83	4,44
12/04/2015	10	20	47	16	13,06	4,44
13/04/2015	10	18	45	19	12,5	5,28
14/04/2015	11	16	40	14	11,11	3,89
15/04/2015	8	19	38	14	10,56	3,89
16/04/2015	10	16	38	15	10,56	4,17
17/04/2015	9	20	29	14	8,06	3,89
18/04/2015	8	19	34	15	9,44	4,17
19/04/2015	9	30	21	14	5,83	3,89
20/04/2015	7	20	38	15	10,56	4,17
21/04/2015	10	16	36	16	10	4,44
22/04/2015	9	19	43	17	11,94	4,72
23/04/2015	10	18	45	17	12,5	4,72
24/04/2015	10	17	40	16	11,11	4,44
25/04/2015	10	18	47	19	13,06	5,28
26/04/2015	8	19	40	16	11,11	4,44
27/04/2015	8	19	51	19	14,17	5,28
28/04/2015	7	17	51	17	14,17	4,72
29/04/2015	9	18	47	15	13,06	4,17
30/04/2015	7	18	40	15	11,11	4,17
PROMEDIO	9	19	41,13	15,37	11,43	4,27
MAXIMO	11	30	57	19	15,83	5,28
MINIMO	7	16	21	14	5,83	3,89

FUENTE: Datos del grupo investigador**Elaborado por:** Grupo investigador

GRAFICA 3.3. VELOCIDAD MAX Y MIN DE ABRIL



ELABORADO POR: Grupo investigador

Interpretación

Mediante la observación de los datos podemos analizar que el rango máximo (15.83 m/s) es apropiado y un poco elevado para la generación eléctrica, mientras que el rango mínimo (3.89 m/s) es un valor en el cual el aerogenerador podrá brindar generación eléctrica a partir de sus niveles de accionamiento, y la velocidad media de este mes (9.86 m/s) es favorable para la generación.

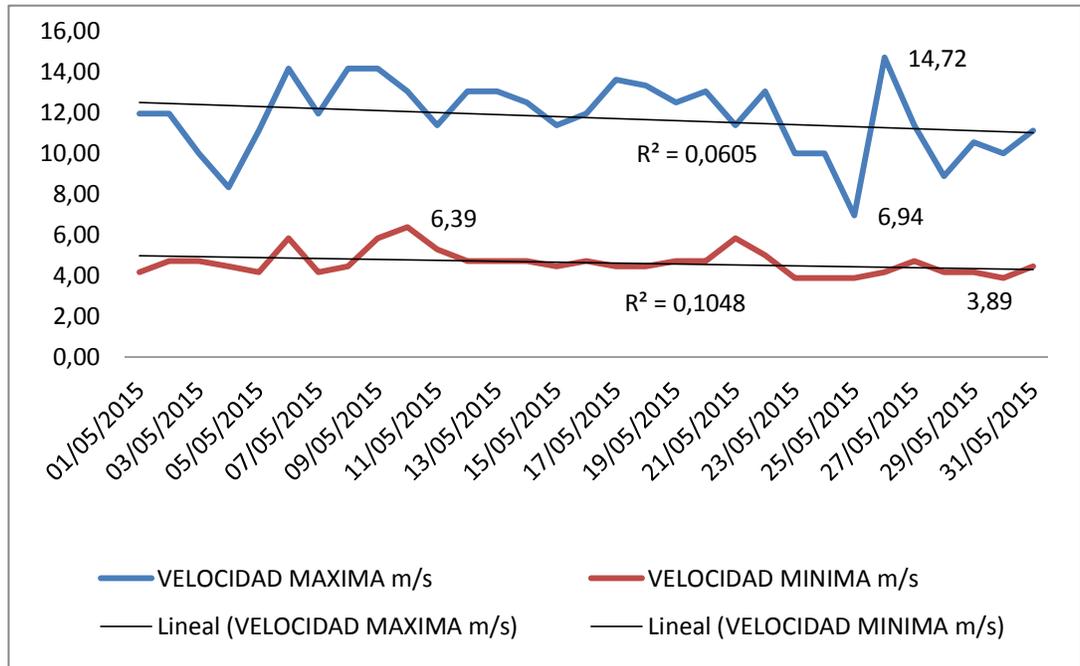
TABLA 3.4. ESTUDIO EÓLICO DE MAYO

FECHA	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	VELOCIDAD MAX Km/h	VELOCIDAD MIN Km/h	VELOCIDAD MAX m/s	VELOCIDAD MIN m/s
01/05/2015	9	19	43	15	11,94	4,17
02/05/2015	5	22	43	17	11,94	4,72
03/05/2015	6	22	36	17	10	4,72
04/05/2015	6	19	30	16	8,33	4,44
05/05/2015	10	17	40	15	11,11	4,17
06/05/2015	10	15	51	21	14,17	5,83
07/05/2015	8	19	43	15	11,94	4,17
08/05/2015	8	18	51	16	14,17	4,44
09/05/2015	9	21	51	21	14,17	5,83
10/05/2015	10	20	47	23	13,06	6,39
11/05/2015	9	17	41	19	11,39	5,28
12/05/2015	9	18	47	17	13,06	4,72
13/05/2015	9	18	47	17	13,06	4,72
14/05/2015	8	19	45	17	12,5	4,72
15/05/2015	8	19	41	16	11,39	4,44
16/05/2015	7	19	43	17	11,94	4,72
17/05/2015	9	18	49	16	13,61	4,44
18/05/2015	8	18	48	16	13,33	4,44
19/05/2015	9	19	45	17	12,5	4,72
20/05/2015	8	18	47	17	13,06	4,72
21/05/2015	10	18	41	21	11,39	5,83
22/05/2015	10	21	47	18	13,06	5
23/05/2015	9	17	36	14	10	3,89
24/05/2015	7	20	36	14	10	3,89
25/05/2015	9	17	25	14	6,94	3,89
26/05/2015	8	20	53	15	14,72	4,17
27/05/2015	10	18	41	17	11,39	4,72
28/05/2015	9	14	32	15	8,89	4,17
29/05/2015	8	17	38	15	10,56	4,17
30/05/2015	8	18	36	14	10,00	3,89
31/05/2015	10	17	40	16	11,11	4,44
PROMEDIO	8,48	18,45	42,35	16,71	11,77	4,64
MAXIMO	10	22	53	23	14,72	6,39
MINIMO	5	14	25	14	6,94	3,89

FUENTE: Datos del grupo investigador

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICA 3.4. VELOCIDAD MAX Y MIN DE MAYO



ELABORADO POR: Grupo investigador

Interpretación

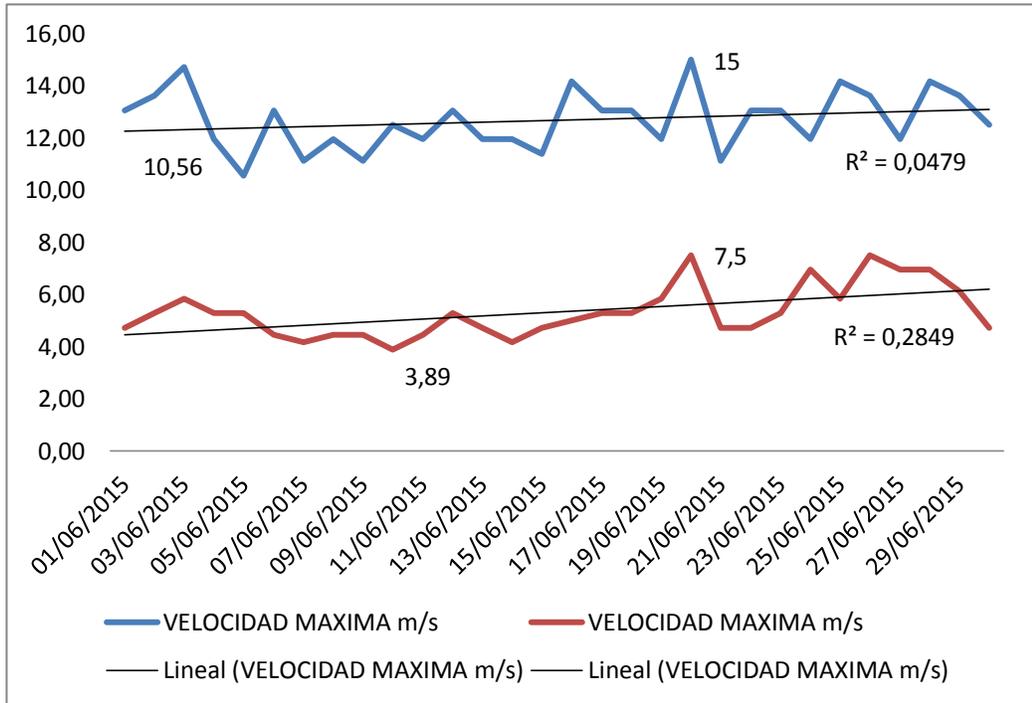
Mediante la observación de los datos podemos analizar que el rango máximo (14.72 m/s) es apropiado y un poco elevado para la generación eléctrica, mientras que el rango mínimo (3.89 m/s) es un valor en el cual el aerogenerador podrá brindar generación eléctrica a partir de sus niveles de accionamiento, y la velocidad media de este mes (9.31 m/s) es favorable para la generación.

TABLA 3.5. ESTUDIO EÓLICO DE JUNIO

FECHA	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	VELOCIDAD MAX Km/h	VELOCIDAD MIN Km/h	VELOCIDAD MAX m/s	VELOCIDAD MIN m/s
01/06/2015	9	17	47	17	13,06	4,72
02/06/2015	7	16	49	19	13,61	5,28
03/06/2015	7	15	53	21	14,72	5,83
04/06/2015	7	13	43	19	11,94	5,28
05/06/2015	8	15	38	19	10,56	5,28
06/06/2015	7	14	47	16	13,06	4,44
07/06/2015	7	15	40	15	11,11	4,17
08/06/2015	7	15	43	16	11,94	4,44
09/06/2015	7	18	40	16	11,11	4,44
10/06/2015	8	18	45	14	12,5	3,89
11/06/2015	8	16	43	16	11,94	4,44
12/06/2015	10	18	47	19	13,06	5,28
13/06/2015	10	19	43	17	11,94	4,72
14/06/2015	11	19	43	15	11,94	4,17
15/06/2015	11	19	41	17	11,39	4,72
16/06/2015	11	19	51	18	14,17	5
17/06/2015	10	17	47	19	13,06	5,28
18/06/2015	10	17	47	19	13,06	5,28
19/06/2015	11	19	43	21	11,94	5,83
20/06/2015	10	17	54	27	15	7,5
21/06/2015	9	16	40	17	11,11	4,72
22/06/2015	6	14	47	17	13,06	4,72
23/06/2015	6	15	47	19	13,06	5,28
24/06/2015	6	16	43	25	11,94	6,94
25/06/2015	7	13	51	21	14,17	5,83
26/06/2015	6	15	49	27	13,61	7,5
27/06/2015	6	16	43	25	11,94	6,94
28/06/2015	6	14	51	25	14,17	6,94
29/06/2015	5	15	49	22	13,61	6,11
30/06/2015	7	16	45	17	12,5	4,72
PROMEDIO	8,00	16,20	45,63	19,17	12,68	5,32
MAXIMO	11	19	54	27	15	7,5
MINIMO	5	13	38	14	10,56	3,89

FUENTE: Datos del grupo investigador**Elaborado por:** Grupo investigador

GRAFICA 3.5. VELOCIDAD MAX Y MIN DE JUNIO



ELABORADO POR: Grupo investigador

Interpretación

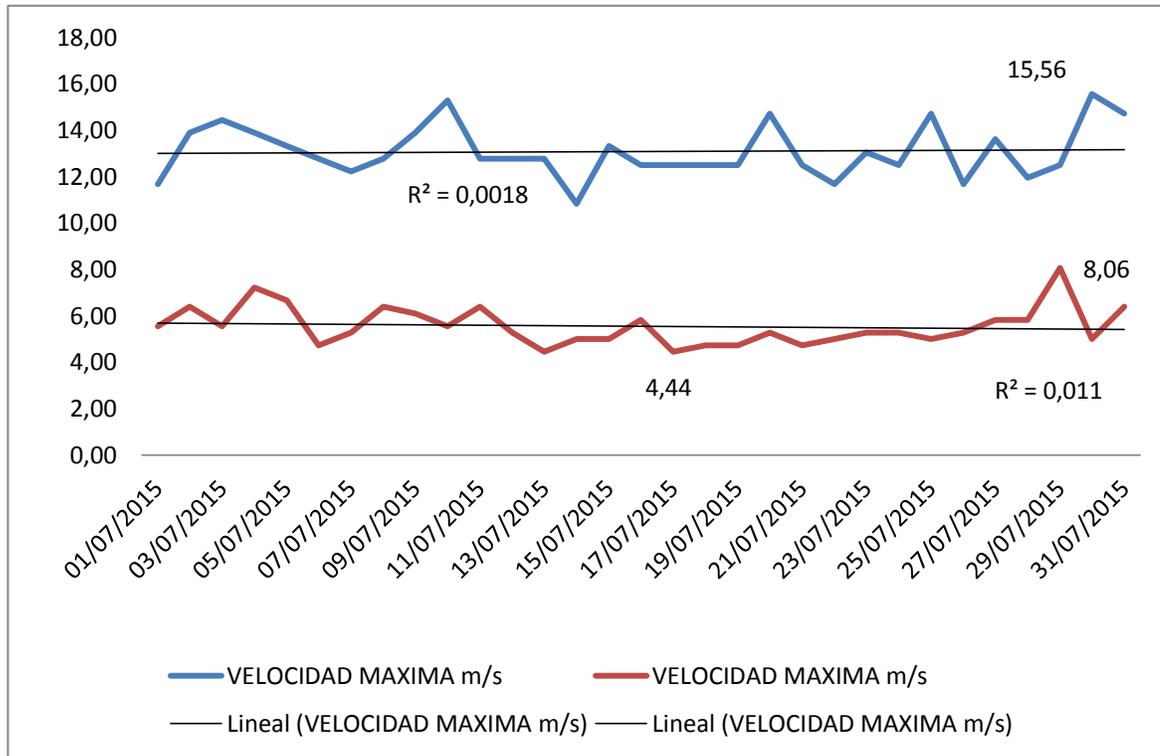
Mediante la observación de los datos podemos analizar que el rango máximo (15 m/s) es apropiado y un poco elevado para la generación eléctrica, mientras que el rango mínimo (3.89 m/s) es un valor en el cual el aerogenerador podrá brindar generación eléctrica a partir de sus niveles de accionamiento, y la velocidad media de este mes (9.45 m/s) es favorable para la generación.

TABLA 3.6. ESTUDIO EÓLICO DE JULIO

JULIO						
FECHA	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	VELOCIDAD MAX Km/h	VELOCIDAD MIN Km/h	VELOCIDAD MAX m/s	VELOCIDAD MIN m/s
01/07/2015	7	15	42	20	11,67	5,56
02/07/2015	6	17	50	23	13,89	6,39
03/07/2015	8	15	52	20	14,44	5,56
04/07/2015	6	15	50	26	13,89	7,22
05/07/2015	6	13	48	24	13,33	6,67
06/07/2015	4	11	46	17	12,78	4,72
07/07/2015	7	16	44	19	12,22	5,28
08/07/2015	9	17	46	23	12,78	6,39
09/07/2015	9	18	50	22	13,89	6,11
10/07/2015	9	15	55	20	15,28	5,56
11/07/2015	11	16	46	23	12,78	6,39
12/07/2015	10	17	46	19	12,78	5,28
13/07/2015	10	17	46	16	12,78	4,44
14/07/2015	8	14	39	18	10,83	5,00
15/07/2015	7	15	48	18	13,33	5,00
16/07/2015	8	18	45	21	12,50	5,83
17/07/2015	8	18	45	16	12,50	4,44
18/07/2015	8	14	45	17	12,50	4,72
19/07/2015	9	18	45	17	12,50	4,72
20/07/2015	9	20	53	19	14,72	5,28
21/07/2015	10	18	45	17	12,50	4,72
22/07/2015	9	16	42	18	11,67	5,00
23/07/2015	7	16	47	19	13,06	5,28
24/07/2015	9	18	45	19	12,50	5,28
25/07/2015	9	18	53	18	14,72	5,00
26/07/2015	10	19	42	19	11,67	5,28
27/07/2015	10	17	49	21	13,61	5,83
28/07/2015	10	17	43	21	11,94	5,83
29/07/2015	10	17	45	29	12,50	8,06
30/07/2015	9	16	56	18	15,56	5,00
31/07/2015	10	16	53	23	14,72	6,39
PROMEDIO	8,45	16,35	47,13	20,00	13,09	5,56
MAXIMO	11	20	56	29	15,56	8,06
MINIMO	4	11	39	16	10,83	4,44

FUENTE: Datos del grupo investigador**Elaborado por:** Grupo investigador

GRAFICA 3.6. VELOCIDAD MAX Y MIN DE JULIO



ELABORADO POR: Grupo investigador

Interpretación

Mediante la observación de los datos podemos analizar que el rango máximo (15.56 m/s) es apropiado y un poco elevado para la generación eléctrica, mientras que el rango mínimo (4.44 m/s) es un valor en el cual el aerogenerador podrá brindar generación eléctrica a partir de sus niveles de accionamiento, y la velocidad media de este mes (5.56 m/s) es favorable para la generación.

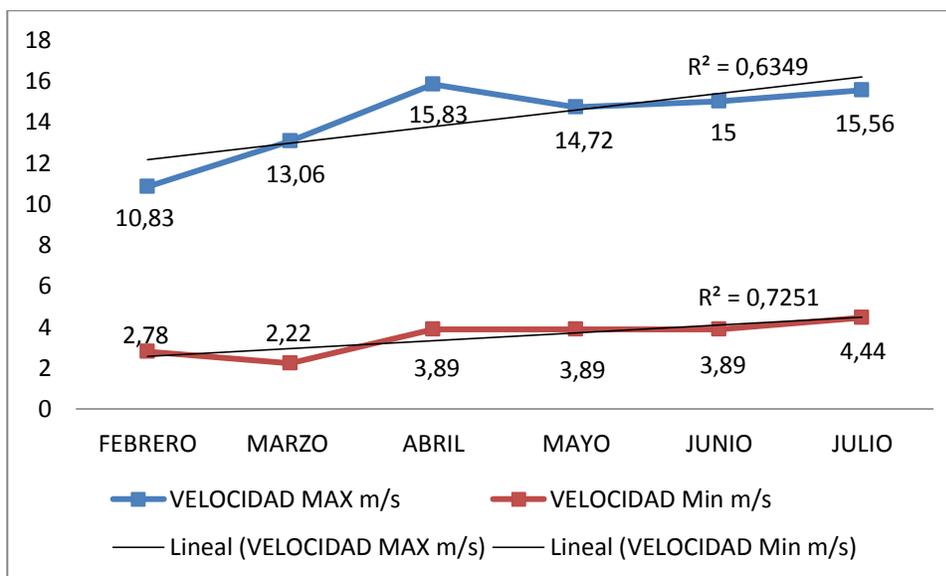
TABLA 3.7. TIEMPO DE ESTUDIO EÓLICO

TIEMPO DE ESTUDIO				
MES	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	VELOCIDAD MAX m/s	VELOCIDAD MIN m/s
FEBRERO	5	24	10,83	2,78
MARZO	7	12	13,06	2,22
ABRIL	7	30	15,83	3,89
MAYO	5	22	14,72	3,89
JUNIO	5	19	15	3,89
JULIO	4	20	15,56	4,44
PROMEDIO	6	21	14,17	3,52
MAXIMO	7	30	15,83	4,44
MINIMO	4	12	10,83	2,22

FUENTE: Datos del grupo investigador

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICA 3.7. VELOCIDAD MAX Y MIN DEL ESTUDIO EÓLICO



ELABORADO POR: Grupo investigador

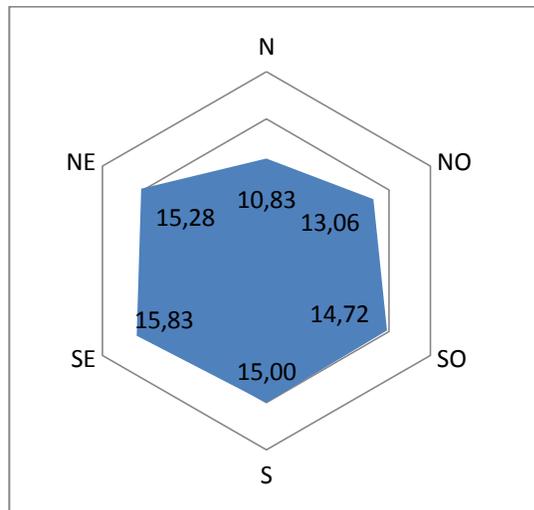
Interpretación

Mediante la observación de los datos podemos analizar que el rango máximo (15.83 m/s) es apropiado y un poco elevado para la generación eléctrica, mientras que el rango mínimo (3.52 m/s), este valor es el nominal para generar energía eléctrica, y la velocidad media del tiempo de estudio (8.20 m/s) es favorable para mantener la generación energética sustentable.

3.6.1.1. Dirección del viento en el Páramo de Chalupas

De acuerdo a cada uno de los datos que nos brinda la estación meteorológica ubicada en el Páramo de Chalupas, nos indica que el viento de este sitio tiene una dirección de Norte o del Noroeste hacia el Sur y en su mayoría hacia el Sureste, demostrando la Fuerza Coriolis, tal como se puede apreciar en la siguiente gráfica:

GRAFICA 3.8. DIRECCIÓN DEL VIENTO



ELABORADO POR: Grupo investigador

3.6.2. Estudio de irradiación solar

A continuación se detalla el historial de datos obtenidos de las mediciones de la irradiación solar de los últimos seis meses, incluida una gráfica lineal donde se expresan valores máximos y mínimos de las mismas:

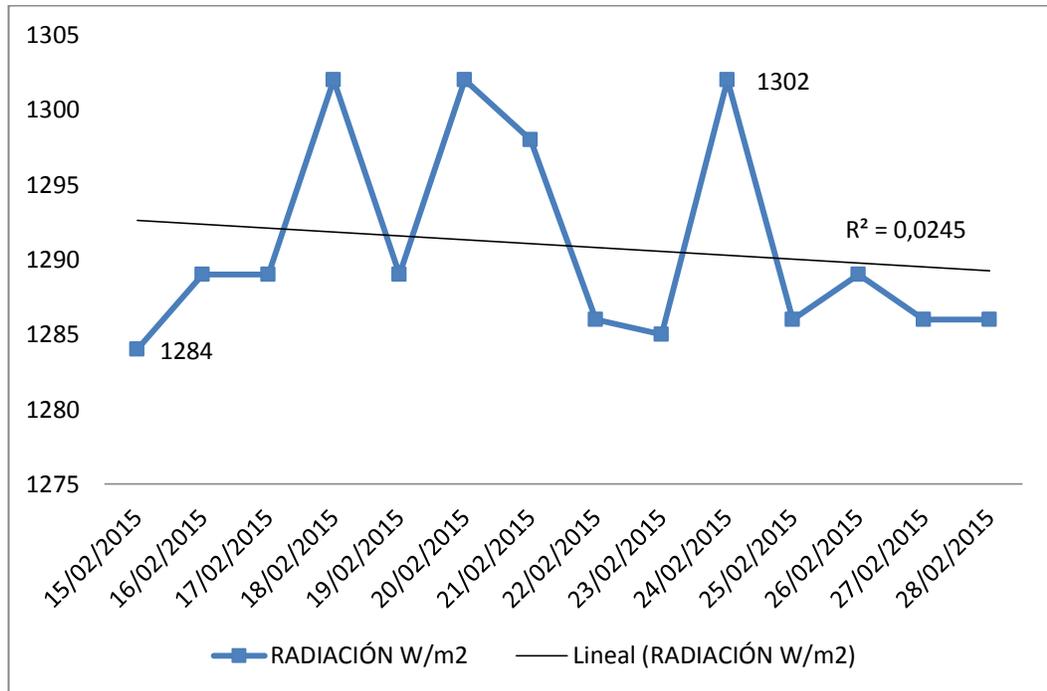
TABLA 3.8. RADIACIÓN SOLAR DE FEBRERO

FEBRERO			
FECHA	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	RADIACIÓN W/m2
15/02/2015	10	17	1284
16/02/2015	10	21	1289
17/02/2015	10	22	1289
18/02/2015	8	24	1302
19/02/2015	11	21	1289
20/02/2015	9	24	1302
21/02/2015	5	24	1298
22/02/2015	10	20	1286
23/02/2015	13	18	1285
24/02/2015	10	23	1302
25/02/2015	10	20	1286
26/02/2015	10	22	1289
27/02/2015	11	20	1286
28/02/2015	11	20	1286
PROMEDIO	10	21	1291
MAXIMO	13	24	1302
MINIMO	5	17	1284

FUENTE: Datos del grupo investigador

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICA 3.9. RADIACIÓN MAX Y MIN DE FEBRERO



ELABORADO POR: Grupo investigador

Interpretación

Mediante la observación de los datos podemos analizar que el rango máximo (1302 W/m^2) es apropiado y un poco elevado para la generación eléctrica, mientras que el rango mínimo (1284 W/m^2) también es un apropiado para generar energía, y la radiación media de este mes (1291 W/m^2) es favorable para la generación.

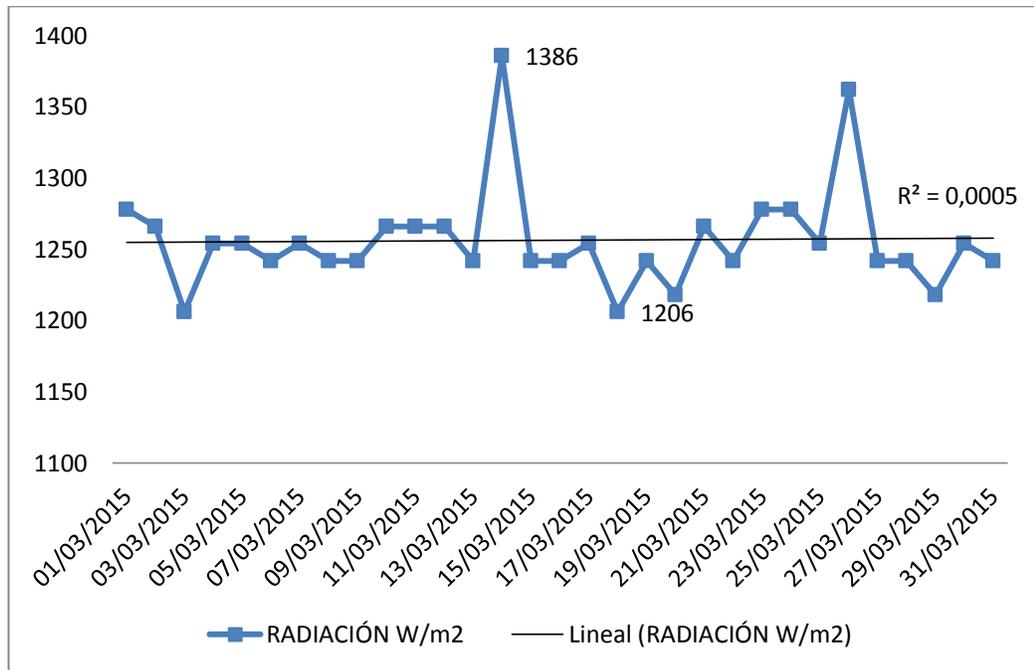
TABLA 3.9. RADIACIÓN SOLAR DE MARZO

MARZO			
FECHA	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	RADIACIÓN W/m2
01/03/2015	11	21	1278
02/03/2015	10	20	1266
03/03/2015	8	15	1206
04/03/2015	12	19	1254
05/03/2015	11	19	1254
06/03/2015	9	18	1242
07/03/2015	11	19	1254
08/03/2015	10	18	1242
09/03/2015	10	18	1242
10/03/2015	12	20	1266
11/03/2015	11	20	1266
12/03/2015	10	20	1266
13/03/2015	11	18	1242
14/03/2015	11	30	1386
15/03/2015	11	18	1242
16/03/2015	10	18	1242
17/03/2015	11	19	1254
18/03/2015	8	15	1206
19/03/2015	10	18	1242
20/03/2015	10	16	1218
21/03/2015	8	20	1266
22/03/2015	11	18	1242
23/03/2015	7	21	1278
24/03/2015	11	21	1278
25/03/2015	11	19	1254
26/03/2015	10	28	1362
27/03/2015	10	18	1242
28/03/2015	9	18	1242
29/03/2015	11	16	1218
30/03/2015	9	19	1254
31/03/2015	11	18	1242
PROMEDIO	10	19	1256
MAXIMO	12	30	1386
MINIMO	7	15	1206

FUENTE: Datos del grupo investigador

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICA 3.10. RADIACIÓN MAX Y MIN DE MARZO



ELABORADO POR: Grupo investigador

Interpretación

Mediante la observación de los datos podemos analizar que el rango máximo (1386 W/m^2) es apropiado y un poco elevado para la generación eléctrica, mientras que el rango mínimo (1206 W/m^2) también es un apropiado para generar energía, y la radiación media de este mes (1256 W/m^2) es favorable para la generación.

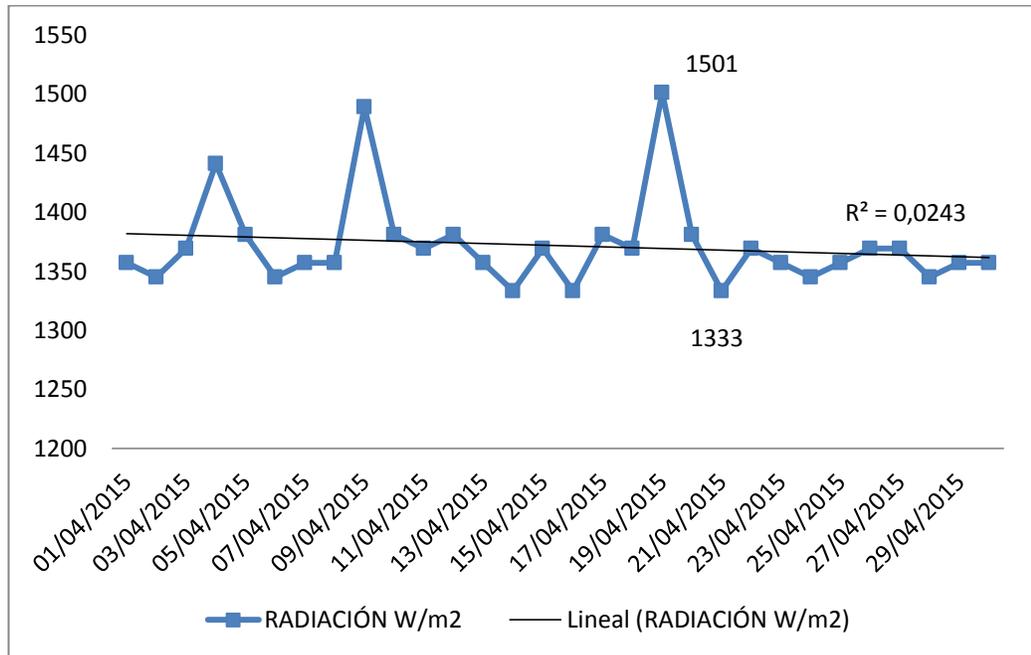
TABLA 3.10. RADIACIÓN SOLAR DE ABRIL

ABRIL			
FECHA	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	RADIACIÓN W/m2
01/04/2015	11	18	1357
02/04/2015	10	17	1345
03/04/2015	10	19	1369
04/04/2015	7	27	1441
05/04/2015	10	20	1381
06/04/2015	10	17	1345
07/04/2015	10	18	1357
08/04/2015	10	18	1357
09/04/2015	10	29	1489
10/04/2015	10	20	1381
11/04/2015	11	19	1369
12/04/2015	10	20	1381
13/04/2015	10	18	1357
14/04/2015	11	16	1333
15/04/2015	8	19	1369
16/04/2015	10	16	1333
17/04/2015	9	20	1381
18/04/2015	8	19	1369
19/04/2015	9	30	1501
20/04/2015	7	20	1381
21/04/2015	10	16	1333
22/04/2015	9	19	1369
23/04/2015	10	18	1357
24/04/2015	10	17	1345
25/04/2015	10	18	1357
26/04/2015	8	19	1369
27/04/2015	8	19	1369
28/04/2015	7	17	1345
29/04/2015	9	18	1357
30/04/2015	7	18	1357
PROMEDIO	9	19	1372
MAXIMO	11	30	1501
MINIMO	7	16	1333

FUENTE: Datos del grupo investigador

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICA 3.11. RADIACIÓN MAX Y MIN DE ABRIL



ELABORADO POR: Grupo investigador

Interpretación

Mediante la observación de los datos podemos analizar que el rango máximo (1501 W/m^2) es apropiado y un poco elevado para la generación eléctrica, mientras que el rango mínimo (1333 W/m^2) también es un apropiado para generar energía, y la radiación media de este mes (1372 W/m^2) es favorable para la generación.

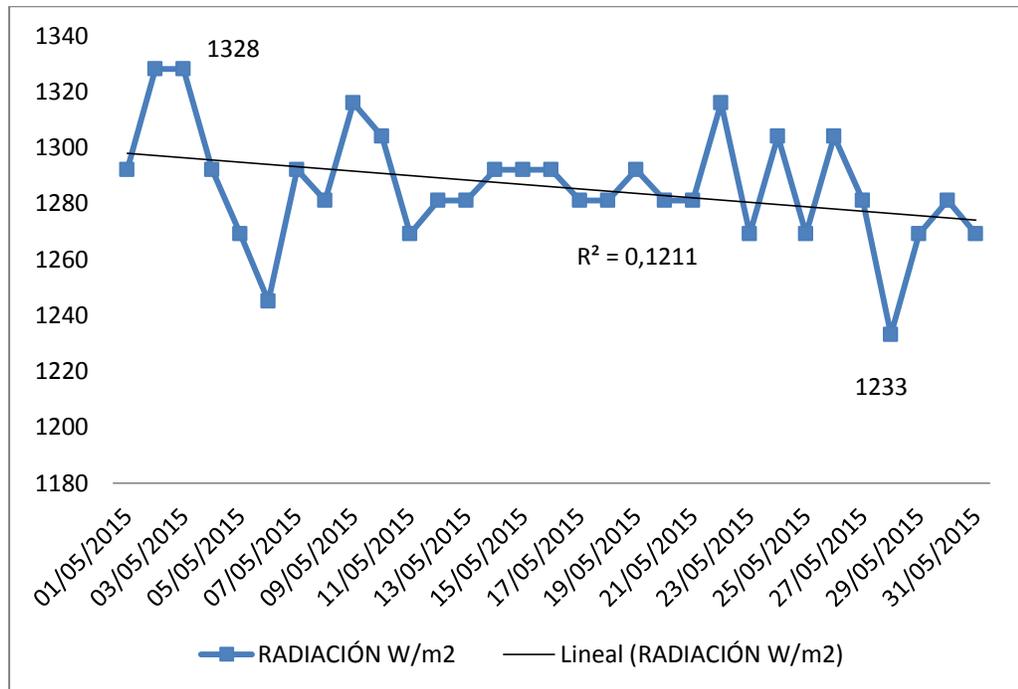
TABLA 3.11. RADIACIÓN SOLAR DE MAYO

MAYO			
FECHA	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	RADIACIÓN W/m2
01/05/2015	9	19	1292
02/05/2015	5	22	1328
03/05/2015	6	22	1328
04/05/2015	6	19	1292
05/05/2015	10	17	1269
06/05/2015	10	15	1245
07/05/2015	8	19	1292
08/05/2015	8	18	1281
09/05/2015	9	21	1316
10/05/2015	10	20	1304
11/05/2015	9	17	1269
12/05/2015	9	18	1281
13/05/2015	9	18	1281
14/05/2015	8	19	1292
15/05/2015	8	19	1292
16/05/2015	7	19	1292
17/05/2015	9	18	1281
18/05/2015	8	18	1281
19/05/2015	9	19	1292
20/05/2015	8	18	1281
21/05/2015	10	18	1281
22/05/2015	10	21	1316
23/05/2015	9	17	1269
24/05/2015	7	20	1304
25/05/2015	9	17	1269
26/05/2015	8	20	1304
27/05/2015	10	18	1281
28/05/2015	9	14	1233
29/05/2015	8	17	1269
30/05/2015	8	18	1281
31/05/2015	10	17	1269
PROMEDIO	8	19	1286
MAXIMO	10	22	1328
MINIMO	5	14	1233

FUENTE: Datos del grupo investigador

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICA 3.12. RADIACIÓN MAX Y MIN DE MAYO



ELABORADO POR: Grupo investigador

Interpretación

Mediante la observación de los datos podemos analizar que el rango máximo (1328 W/m²) es apropiado y un poco elevado para la generación eléctrica, mientras que el rango mínimo (1233 W/m²) también es un apropiado para generar energía, y la radiación media de este mes (1286 W/m²) es favorable para la generación.

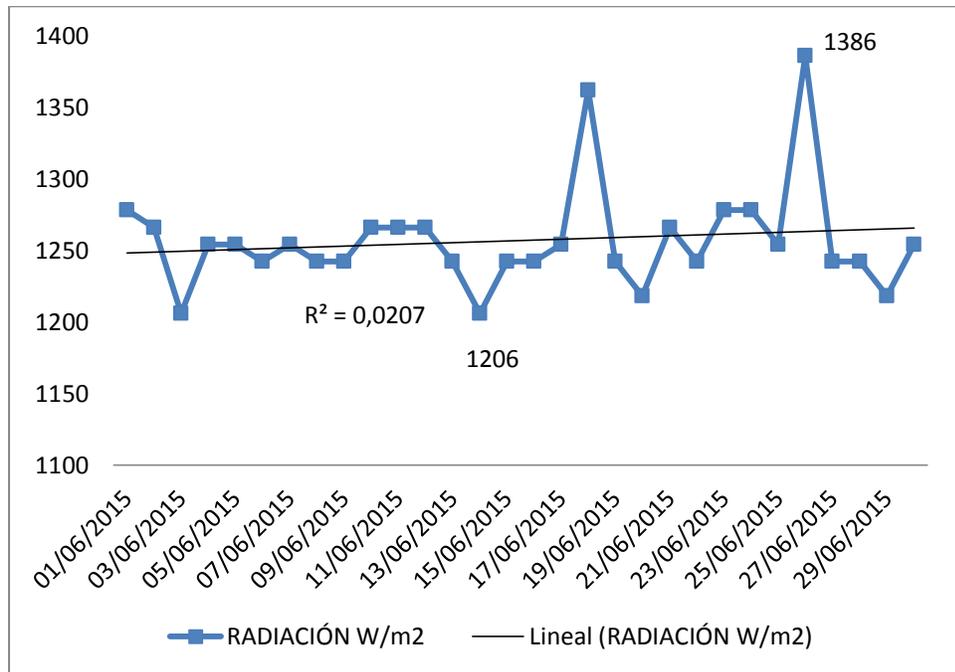
TABLA 3.12. RADIACIÓN SOLAR DE JUNIO

JUNIO			
FECHA	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	RADIACIÓN W/m2
01/06/2015	9	17	1278
02/06/2015	7	16	1266
03/06/2015	7	15	1206
04/06/2015	7	13	1254
05/06/2015	8	15	1254
06/06/2015	7	14	1242
07/06/2015	7	15	1254
08/06/2015	7	15	1242
09/06/2015	7	18	1242
10/06/2015	8	18	1266
11/06/2015	8	16	1266
12/06/2015	10	18	1266
13/06/2015	10	19	1242
14/06/2015	11	19	1206
15/06/2015	11	19	1242
16/06/2015	11	19	1242
17/06/2015	10	17	1254
18/06/2015	10	17	1362
19/06/2015	11	19	1242
20/06/2015	10	17	1218
21/06/2015	9	16	1266
22/06/2015	6	14	1242
23/06/2015	6	15	1278
24/06/2015	6	16	1278
25/06/2015	7	13	1254
26/06/2015	6	15	1386
27/06/2015	6	16	1242
28/06/2015	6	14	1242
29/06/2015	5	15	1218
30/06/2015	7	16	1254
PROMEDIO	8	16	1257
MAXIMO	11	19	1386
MINIMO	5	13	1206

FUENTE: Datos del grupo investigador

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICA 3.13. RADIACIÓN MAX Y MIN DE JUNIO



ELABORADO POR: Grupo investigador

Interpretación

Mediante la observación de los datos podemos analizar que el rango máximo (1386 W/m^2) es apropiado y un poco elevado para la generación eléctrica, mientras que el rango mínimo (1206 W/m^2) también es un apropiado para generar energía, y la radiación media de este mes (1256 W/m^2) es favorable para la generación.

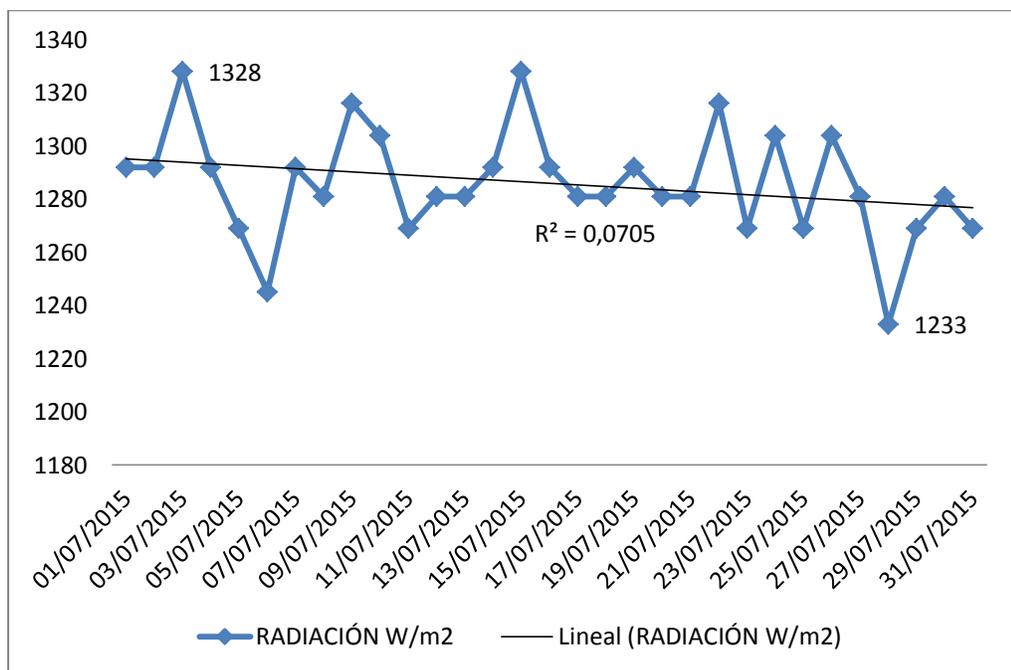
TABLA 3.13. RADIACIÓN SOLAR DE JULIO

JULIO			
FECHA	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	RADIACIÓN W/m2
01/07/2015	7	15	1292
02/07/2015	6	17	1292
03/07/2015	8	15	1328
04/07/2015	6	15	1292
05/07/2015	6	13	1269
06/07/2015	4	11	1245
07/07/2015	7	16	1292
08/07/2015	9	17	1281
09/07/2015	9	18	1316
10/07/2015	9	15	1304
11/07/2015	11	16	1269
12/07/2015	10	17	1281
13/07/2015	10	17	1281
14/07/2015	8	14	1292
15/07/2015	7	15	1328
16/07/2015	8	18	1292
17/07/2015	8	18	1281
18/07/2015	8	14	1281
19/07/2015	9	18	1292
20/07/2015	9	20	1281
21/07/2015	10	18	1281
22/07/2015	9	16	1316
23/07/2015	7	16	1269
24/07/2015	9	18	1304
25/07/2015	9	18	1269
26/07/2015	10	19	1304
27/07/2015	10	17	1281
28/07/2015	10	17	1233
29/07/2015	10	17	1269
30/07/2015	9	16	1281
31/07/2015	10	16	1269
PROMEDIO	8	16	1286
MAXIMO	11	20	1328
MINIMO	4	11	1233

FUENTE: Datos del grupo investigador

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICA 3.14. RADIACIÓN MAX Y MIN DE JULIO



ELABORADO POR: Grupo investigador

Interpretación

Mediante la observación de los datos podemos analizar que el rango máximo (1328 W/m^2) es apropiado y un poco elevado para la generación eléctrica, mientras que el rango mínimo (1233 W/m^2) también es un apropiado para generar energía, y la radiación media de este mes (1286 W/m^2) es favorable para la generación.

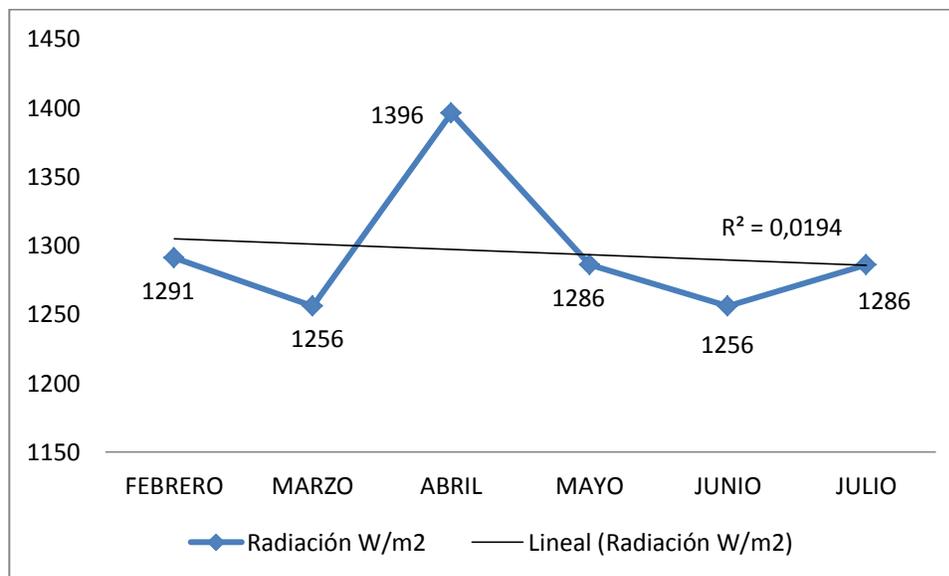
TABLA 3.14. TIEMPO DE ESTUDIO SOLAR

TIEMPO DE ESTUDIO			
Mes	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	RADIACIÓN W/m2
FEBRERO	5	24	1291
MARZO	7	12	1256
ABRIL	7	30	1396
MAYO	5	22	1286
JUNIO	5	19	1256
JULIO	4	20	1286
PROMEDIO	6	21	1295
MAXIMO	7	30	1396
MINIMO	4	12	1256

FUENTE: Datos del grupo investigador

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICA 3.15. RADIACIÓN MAX Y MIN DEL ESTUDIO SOLAR



ELABORADO POR: Grupo investigador

Interpretación

Mediante la observación de los datos podemos analizar que el rango máximo (1396 W/m^2) es apropiado y un poco elevado para la generación eléctrica, mientras que el rango mínimo (1256 W/m^2), este valor es el nominal para generar energía eléctrica, y la radiación media del tiempo de estudio (1295 W/m^2) es favorable para mantener la generación energética sustentable.

3.6.3. Análisis del requerimiento energético

El proyecto tiene como objetivo principal analizar el potencial eólico-solar y dotar de energía eléctrica en base al uso de energías renovables a una familia del Páramo Chalupas, para lo cual es muy importante analizar el requerimiento energético del sector.

Para ello se realizó un estudio con el propósito de proveer condiciones de vida adecuadas mediante una red eléctrica constante, a través del aprovechamiento de los recursos naturales del sector como son: la velocidad del viento y la irradiación solar con la que cuenta este sector.

Por ello es necesario identificar y analizar las principales actividades que se realizan en el sector, con respecto al consumo energético. (Véase tabla 3.15)

TABLA 3.15. DEMANDA ENERGÉTICA

DEMANDA ENERGÉTICA GENERAL							
ITEM	DESCRIPCIÓN	POTENCIA (W)	CANTIDAD	POTENCIA INSTALADA (W)	HORAS DE USO	FACTOR DE CONSUMO	CONSUMO (W)
1	LAMPARAS	100	7	700	17	0,71	495,83
2	TELEVISIÓN	120	2	240	4	0,17	40,00
3	RADIO	80	2	70	13	0,54	37,92
4	DVD	60	2	120	3,5	0,15	17,50
5	LICUADORA	300	1	300	0,1	0,0042	1,25
TOTAL							592,50

FUENTE: Grupo investigador

3.7.CÁLCULO DE POTENCIAL

3.7.1. Cálculo de Potencial eólico

El cálculo de potencial eólico viene dado a través de la Ley Exponencial de Hellmann, mediante la aplicación de la **Ec. 1**

$$\overline{V}_h = \overline{V}_a \left(\frac{H_h}{H_a} \right)^\alpha \quad \text{Ec. 1}$$

Entonces, reemplazando datos en la ecuación 1 obtendremos la velocidad media del tiempo de estudio.

$$\overline{V}_h = 14.17 \text{ m/s} \left(\frac{9 \text{ m}}{4 \text{ m}} \right)^{0.12}$$

$$\overline{V}_h = 15.61 \text{ m/s}$$

La densidad en el lugar de estudio está determinada por la **Ec. (3)**.

$$\rho = 1,225 e^{\left[\left(\frac{-Z}{8435} \right) - \left(\frac{T-15}{288} \right) \right]} \quad \text{Ec. 3}$$

El valor Z es el valor de la altura en m.s.n.s., y T es la temperatura promedio y estos valores se los obtiene del punto de posicionamiento del proyecto, donde se obtiene.

$$\rho = 1,225 e^{\left[\left(\frac{-9}{8435} \right) - \left(\frac{13-15}{288} \right) \right]}$$

$$\rho = 1,225 e^{[-0.0010667] - [-0.006944]}$$

$$\rho = 1,225 e^{[0.0058775]}$$

$$\rho = 1,2322 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Entonces se reemplazan los datos en la **Ec. 2**

$$\mathbf{Potencial\ e\u00f3lico} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 \cdot r^2 \cdot \pi \quad \mathbf{Ec. 2}$$

$$\mathbf{Potencial\ e\u00f3lico} = \frac{1}{2} \cdot 1.2322 \frac{kg}{m^3} \cdot (15.61 \frac{m}{s})^3 \cdot (0.50m)^2 \cdot \pi$$

$$\mathbf{Potencial\ e\u00f3lico} = 1843.50 W$$

3.7.2. C\u00e1lculo de Potencial Solar

El c\u00e1lculo de potencial solar viene dado a base de la obtenci\u00f3n de datos del tiempo de estudio, e interpretado en una media aritm\u00e9tica para la determinaci\u00f3n del dato promedio, como se ve en la ecuaci\u00f3n 4.

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad \mathbf{Ec. 4}$$

Entonces con los datos de la tabla 3.14., procedemos a reemplazar los datos en la **Ec. 3**

En este caso $N = 6$

$$x_1 = 1291 \text{ W/m}^2$$

$$x_2 = 1256 \text{ W/m}^2$$

$$x_3 = 1396 \text{ W/m}^2$$

$$x_4 = 1286 \text{ W/m}^2$$

$$x_5 = 1256 \text{ W/m}^2$$

$$x_6 = 1286 \text{ W/m}^2$$

Sustituyendo N por 6 en la **Ec. 4**

$$\bar{X} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 x_i$$

$$\bar{X} = \frac{1}{6} (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6)$$

$$\bar{X} = \frac{1}{6} (1291 + 1256 + 1396 + 1286 + 1256 + 1286) \text{ W/m}^2$$

$$\bar{X} = \frac{1}{6} (7771) \text{ W/m}^2$$

$$\bar{X} = 1295.16 \text{ W/m}^2$$

3.8. DETERMINACIÓN DE LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN

3.8.1. Determinación de potencia del aerogenerador

Mediante la determinación de la eficiencia del sistema obtendremos el dato real de dimensionamiento del aerogenerador, basados en la **Ec. 5**

$$**Pe = Potencial eólico * n** \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde:

n = es la eficiencia del sistema (0.45)

Pe = Potencia efectiva del aerogenerador

$$**Pe = Potencial eólico * n**$$

$$**Pe = 1843.50 w * 0.45**$$

$$**Pe = 829.57 W**$$

El aerogenerador adecuado para el Páramo de Chalupas es de 800 W, dato obtenido del potencial eólico de acuerdo a los cálculos y de las mediciones dentro del tiempo de estudio.

3.8.2. Determinación de potencia del panel solar

Para determinar el dimensionamiento del panel solar a utilizar y con el dato exacto de potencial solar, utilizamos la **Ec. 5**, la cual es el cálculo de la eficiencia, así:

$$Pe = \text{Potencial solar} * n \qquad \text{Ec. 5}$$

Dónde:

n = es la eficiencia del sistema (0.16)

Pe = Potencia efectiva de los paneles solares fotovoltaicos

$$Pe = \text{Potencial solar} * 0.16$$

$$Pe = 1295.16 * 0.16$$

$$Pe = 207.23 \text{ W}$$

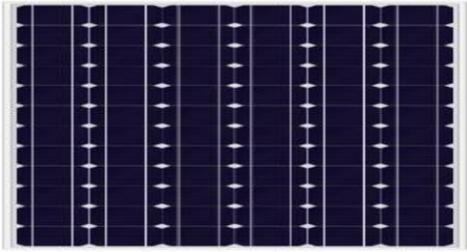
De acuerdo a los datos tabulados, y al cálculo de potencial solar se ha podido determinar que el panel fotovoltaico adecuado para el Páramo es de 200 W.

3.9. EQUIPOS UTILIZADOS EN EL MONTAJE DEL SISTEMA

Para realizar el montaje se seleccionaron los siguientes equipos eléctricos, electrónicos y mecánicos, los cuales se encargaran de la generación de la energía eléctrica. (Véase Tabla 3.16)

TABLA 3.16: RESUMEN DE EQUIPOS

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN	
GENERADOR EÓLICO ELÉCTRICO	Marca: Missouri Potencia: 800 W Voltaje (Vo): 12V RPM: 500		
KIT DE VELETA	Marca: Raptor Doble brazo 710x228x710mm Aleta calibre 16 Longitud de veleta: 419mm		
DISCO PARA ASPAS	Diámetro: 170 mm y 6,5 mm de espesor Material: Acero endurecido		
ASPAS PARA GENERACIÓN	Marca: Raptor Material: Fibra de carbono La base de la aspa es de 15 cm de ancho, Aspa de 2,8 cm de ancho en la punta Peso: 0.46 kg c/u Largo de 74cm Rotación a la derecha		
RECTIFICADOR TRIFÁSICO	Amperios: 70 A Voltios: 1000 VDC Tipo: SQL70A Dimensiones: 97x60x28mm Diámetro de Fijación: 5mm		

<p>PANEL SOLAR</p>	<p>Marca: Simax Tipo: Monocristalano N de celdas: 72 (6x12) Irradiación min. 1000 W/m² Peso: 15,5 Kg Voltaje: 1000 VDC Amperaje Max: 10 A Temperatura: 2 +/-45°C</p>	
<p>REGULADOR DE CARGA, 12 V EÓLICO Y SOLAR</p>	<p>Marca: Missouri Amperaje alto - 440 A Estado de batería LED Carcasa de acero Puede desviar el origen para carga o descarga tanto de las baterías o de fuente.</p>	
<p>INVERSOR</p>	<p>Marca: Hurricane Modelo: SI-1600HQ Inversor: DC-AC Input: 12 VDC Output: 120 VAC +/-5% Frecuencia: 60 Hz Compatible con batería de PLOMO Y GEL</p>	
<p>BATERÍA DE PLOMO</p>	<p>Marca: Power Sonic Modelo: PS-121000 U Voltaje: 12 V Amperaje: 100 A/h Duración: 20 Horas Temperatura de uso: de -20°C a 50°C Peso: 60,7 lbs</p>	
<p>RESISTENCIAS PARA FRENO</p>	<p>Para sistemas de 12V 300 vatios de potencia resistencia de 73 Ω Diámetro: 22cm</p>	

CONCLUSIONES

- La demanda de energía eléctrica en la vivienda y sus habitantes es de 593w/día, y la potencia instalada del sistema híbrido es 900w/día, con esta capacidad superamos la demanda y ofrecemos al mismo tiempo un rango de amplitud para la instalación de algún otro aparato eléctrico.
- El aprovechamiento de los recursos eólico-solares en el sector son muy favorables para el eficiente funcionamiento del sistema híbrido debido a la localización geográfica en la que se encuentra el proyecto.
- Debido a la inclinación del panel solar que necesita para generar energía, se lo colocó en la parte superior de la torre, de esta manera se evita la manipulación del ángulo al que se encuentra ubicado el panel.
- Dadas las circunstancias en que se encuentra la Provincia por la amenaza de un desastre natural, la generación de energía eléctrica en el sector brinda la posibilidad a sus usuarios de estar completamente informados sobre los sucesos u actividades diarias e incentivar la prevención.
- La generación predominante del sistema es la eólica y esto se determina mediante la toma de lecturas del viento observando la variación de velocidad del mismo.
- La utilización de energías eólico-solares evitan la contaminación del medio ambiente ya que no es necesario la utilización de hidrocarburos y por consiguiente brinda una aceptable oportunidad para la generación eléctrica de forma distribuida.

RECOMENDACIONES:

- Es necesario que a futuro se pueda compartir este tipo de proyectos con la colectividad en los sectores marginales que todavía existen y no son tomados en cuenta para brindar los servicios básicos indispensables.
- No manipular las instalaciones eléctricas realizadas si no se tiene el conocimiento, para evitar que los equipos se descalibren o peor aún lleguen a presentar algún tipo de error o daño.
- Tener los conocimientos claros de las variables eléctricas que intervienen en un proceso de generación eléctrica híbrida para mejorar el aprendizaje en el desarrollo de las prácticas.
- Se recomienda a los docentes incentivar e inculcar la implementación de sistemas de energías renovables a sectores que carecen de este servicio ya que los habitantes en realidad lo necesitan.

BIBLIOGRAFÍA

Citada

- Constitución Política de la República del Ecuador (2008)
- ENDARA LEMA, L. D. (2011), Construcción de un aerogenerador eólico de bajas revoluciones por minuto para una vivienda rural, ubicada en el sector de Pansache el Morro, perteneciente a la parroquia Mulaló del Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi. Ingeniería Electromecánica.
- FERNÁNDEZ DIÉZ, P. (2011). Energía Eólica. Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética. Universidad de Cantabria, España.
- GARCÍA VÁZQUEZ, M. A., (2006). Aspectos Económicos, Tecnológicos y Ambientales de la Energía Eólica para la Generación de electricidad en México.
- HERNANDEZ RODRIGUEZ, C. (2008). Energías Renovables y Eficiencia Energética. Instituto Tecnológico de Canarias, Primera Edición, España.
- HERRERA BARROS, V. C. (2011). Sistema Híbrido eólico-fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en el departamento de Turismo del Ilustre Municipio de Baños de Agua Santa. Ingeniería en Electrónica
- Ing. M.Sc. ORBEGOZO, C. & Ing. ARIVILCA, R. (2010), ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA para el Manual Técnico de Instalaciones Domiciliarias.
- LLORENTE, J., Departamento de Astronomía y Meteorología de Barcelona, en su redacción para el curso de fotoprotección. España
- ROLDÁN VILORIA, J. (2008), Energías Renovables.
- SÁNCHEZ CAMPOS, T. (1997), Algunos Elementos Sobre la Energía

Eólica, presentado en el “II Seminario Internacional sobre Energías Renovables”. Bolivia

- SARDON, J., (2008). Energías renovables para el desarrollo.

Consultada

- BERNAL, C. A. (2006). Metodología de la Investigación. México: Pearson Educación.
- BRAVO ANDERSON, B. A. (2013). The (Lost) Art of Wind Turbine Technology Selection Cost, Brand Aren't the Only Factors to Consider. Open star cnx. Recuperado el 12 de Marzo de 2015.
- ESPINOSA ARENAL, F., SALDAÑA FLORES, R., RIVERA BLANCO, C., (2011). Evaluación del potencial eólico para la generación de energía eléctrica en el estado de Veracruz. México.
- FAJARDO DÍAZ, J. L., GARCÍA GONZÁLEZA, J. M., GARCÍA GALDIVAR, V. M., (2010). Evaluación del potencial eólico de una zona del estado de Zacatecas, México. Recuperado 12 de Marzo 2015.
- GARCÍA VÁZQUEZ, M. A., (2006). Aspectos Económicos, Tecnológicos y Ambientales de la Energía Eólica para la Generación de electricidad en México.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C., & BAPTISTA LUCIO, P. (2006). Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill Interamericana.
- HERRERA BARROS, V. C. (2011). Sistema Híbrido eólico-fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en el departamento de Turismo del Ilustre Municipio de Baños de Agua Santa. Ingeniería en Electrónica.
- LEIVA ZEA, F. (2008). Nociones de Metodología de Investigación Científica. Quito: Grupo Leer. (p. 46)

- PINILLO, A. (1997), Manual de Aplicación de la Energía Eólica
- PRADO MORA, C. R. (Julio 2008), Diseño de un sistema eléctrico fotovoltaico para una comunidad aislada.
- RENEWABLE ENERGY, vol. 30, no. 4, Apr. (2005). Investigations on the Eigen-coordinates method for the 2-parameter weibull distribution of wind speed. Recuperado el 11 de Marzo de 2015.
- ROLDÁN VILORIA, J. (2008), Energías Renovables.
- SARDÓN, J., (2008). Energías renovables para el desarrollo.
- SILVA, B. B., (2002). Wind energy potential for the prevailing. United Stated of American. Recuperado el 10 de Marzo de 2015.

Linkografía

- CORPORACION PARA LA INVESTIGACIÓN ENERGÉTICA. (2013). Atlas Solar de Ecuador. Recuperado el 14 de Marzo de 2015, de http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf
- DIRECCIÓN GENERAL DE INDUSTRIA Y ENERGIA, GOBIERNO DE CANARIAS, (2011). Guía técnica de aplicación para instalaciones de energías renovables. Recuperado el 19 de Marzo de 2015, de http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49917eec3c3bd/1234272735_GuiaEolica_GobCan.pdf
<http://eliseosebastian.com/wp-content/uploads/2012/07/Capas3.jpg>
<http://eliseosebastian.com/wp-content/uploads/2013/05/Solar-Controllers3.jpg>
http://energiadoblezero.com/wp-content/uploads/2010/03/turbina_eolica.jpg
<http://icasasecologicas.com/wp-content/uploads/2013/05/biomasa1.jpg>

<http://portal.ipb.pt:7778/pls/portal/docs/1/286000.JPG>
http://web.ing.puc.cl/power/alumno10/wind/index12_clip_image004.gif
<http://www.antusolar.cl/wp-content/uploads/2010/06/EOLICAS.jpg>
<http://www.estrucplan.com.ar/Boletines/0869/energia-alternativa-16.jpg>
<http://www.fing.edu.uy/iq/cursos/qica/industria/EEER-Solar.pdf>
<http://www.institutoespacial.gob.ec/geoportal/601-2/>
<http://www.solostocks.com/img/inversor-de-corriente-12-220v-1800w-6532128z0.jpg>
http://www.tedesna.com/images/esque_termica.jpg
<https://energiasrenovables.files.wordpress.com/2009/03/dibujo66.jpg?w=500&h=361>

- Imágenes de Google. Elementos de control y carga
- Imágenes de Google. Sistema de generación eólico y solar
- Imágenes de Google. Tipos de energía renovable , Recuperado el 9 de Julio del 2015, de
- Ing. HERNANDEZ, S., (2010). Estimación de la Radiación Global en Uruguay. Recuperado el 19 de Marzo de 2015, de http://www.fing.edu.uy/if/solar/proyectos/Informe_S_Hernandez.pdf
- Ing. PRANDO, R., (2014). Energías Renovables en la Industria de Procesos con Energía Solar. Recuperado el 18 de Marzo de 2015, de
- INSTITUTO ESPACIAL ECUATORIANO, GEOPORTAL, (2015). Visualizador de mapas. Recuperado el 30 de Marzo del 2015, de
- MORENO FIGUEREDO, C., HERRERA SANCHÉZ, O., Centro de Estudios de Tecnologías Energéticas Renovables (CETER), del Instituto Superior Tecnológico José Antonio Echeverría (CUJAE), (2011). Método simplificado para la determinación del potencial eólico cuando se desean instalar pequeñas máquinas eólicas. Recuperado 20 de Marzo de 2015,

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar24/HTML/articulo01.htm>

- VELASCO ANGULO, G., (2012). Generación solar fotovoltaica dentro del esquema de generación distribuida para la provincia de Imbabura. Recuperado el 20 de Marzo de 2015, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9350/1/P72.pdf>

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

Acceso a la red eléctrica: Derecho a emplear la red de transporte o de distribución de toda persona física o jurídica que suministre electricidad a esa red o reciba suministro de ella.

Acumulador: Dispositivo que almacena como energía química la energía eléctrica que le ha sido previamente entregada para restituirla cuando se considere necesaria.

Aerogenerador: Máquina que transforma la energía del viento en energía eléctrica.

Anclaje: Sistema por el cual se fija un equipo mediante el tendido de sus anclas y el tensado de sus cadenas o cables.

B

Balanceo: Movimiento que hace un cuerpo, inclinándose a un lado y a otro.

C

Campo magnético: Región que circunda a un conductor recorrido por una corriente, también la que circunda a un imán permanente; en ambos se observan las fuerzas electromagnéticas.

Combustible: Cuerpo o sustancia que puede arder, sobre todo si con ello produce energía.

Corriente alterna: Corriente eléctrica que invierte periódicamente su sentido.

Corriente continua: Corriente eléctrica que, independientemente del valor de su intensidad, tiene siempre el mismo sentido.

D

Densidad del aire: La energía cinética del viento depende de la densidad del aire, es decir, de su masa por unidad de volumen, esto es, cuanto "más pesado" sea el aire más energía recibirá la turbina.

E

Energía cinética: aquella que poseerá cualquier cuerpo como consecuencia de su movimiento.

Energía eólica: Es la energía obtenida del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es transformada en otras formas útiles para las actividades humanas.

Energía mecánica: Es parte de la física que estudia el equilibrio y el movimiento de los cuerpos sometidos a la acción de fuerzas.

Energía renovable: Es la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

Energía solar: Es la energía obtenida del sol, por la acción de radiación.

F

Frecuencia: Es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico.

G

Generador eléctrico: Dispositivo o elemento que transforma la energía mecánica en eléctrica.

I

Inducción: Producción de una carga eléctrica inducida.

L

Línea de transmisión: Una línea de transmisión es un sistema de conductores metálicos para transferir energía eléctrica desde un punto a otro.

M

Máquina: Conjunto de mecanismos dispuestos para producir, aprovechar o regular una energía motriz.

Mecanismo de orientación: El mecanismo de orientación de un aerogenerador es utilizado para girar el rotor de la turbina en contra del viento, de forma que pase a través del rotor la mayor proporción posible de energía eólica.

Multiplicador: Sistema mecánico inverso al reductor de velocidad que mediante un conjunto de engranajes comunica al eje arrastrado o de salida una velocidad de giro mayor que la del eje motor o de entrada.

P

Pala: Elemento del aerogenerador que por aprovechamiento aerodinámico transforma la energía cinética del viento en energía mecánica en el eje del generador.

Potencia: Se denomina de esta forma a la cantidad de trabajo desarrollado por un elemento, circuito o máquina eléctrica en la unidad de tiempo.

R

Regulador de carga: Es un dispositivo electrónico el cual se encarga de medir los niveles de carga de la batería, y así permitirle su carga o descarga.

S

Síncrono: Se los denomina cuando describe objetos o eventos que están coordinados en el tiempo.

T

Torre: Soporta el generador y el rotor. Es mejor cuanto más alta ya que a mayor altura mayores velocidades de viento.

Transformador: Elemento eléctrico estático que convierte el valor de la tensión de entrada en otro valor completamente diferente a su salida.

V

Veleta: Es una parte del aerogenerador, y esta se encarga de direccionar las aspas hacia el viento y así aprovechar el mismo para provocar el movimiento del eje.

ANEXOS

Anexo 1

La entrevista, se aplicará a moradores y usuarios del sector de Chalupas

BANCO DE PREGUNTAS

Esta entrevista está diseñada para evaluar las necesidades y el grado de aceptación que tienen los usuarios acerca del Sistema Híbrido de generación eléctrica.

Ocupación: _____

ITEM	PREGUNTA
1	¿Cuál es el servicio básico del que carece el sector?
2	¿Qué piensa acerca de la posibilidad de tener suministro eléctrico?
3	¿En qué ayudará y cuál será el beneficio de la energía eléctrica?
4	¿Le gustaría estar informado sobre los acontecimientos nacionales e internacionales y así mejorar su estilo de vida?
5	¿Sabía usted que el viento y el sol son fuentes naturales que sirven para la generación de energía?
6	¿Ha obtenido propuestas para implementar algún tipo de sistema de generación de energía en el sector?
7	¿En qué tipo de artefactos emplearía usted la energía eléctrica?
8	¿Qué le parece a usted la vinculación de los estudiantes de la UTC con el pueblo?

ELABORADO POR: Grupo Investigador

¡GRACIAS POR SU COLABORACION!

Anexo 2

Tabla de CHI-CUADRADO

α r	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
1	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,656	636,578
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,600
3	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924
4	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869
6	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408
8	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587
11	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437
12	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318
13	0,694	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221
14	0,692	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140
15	0,691	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073
16	0,690	0,865	1,071	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015
17	0,689	0,863	1,069	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,965
18	0,688	0,862	1,067	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,922
19	0,688	0,861	1,066	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,883
20	0,687	0,860	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850
21	0,686	0,859	1,063	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,819
22	0,686	0,858	1,061	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,792
23	0,685	0,858	1,060	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,768
24	0,685	0,857	1,059	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,745
25	0,684	0,856	1,058	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,725
26	0,684	0,856	1,058	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,707
27	0,684	0,855	1,057	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,689
28	0,683	0,855	1,056	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,674
29	0,683	0,854	1,055	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,660
30	0,683	0,854	1,055	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,646
40	0,681	0,851	1,050	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	3,551
60	0,679	0,848	1,045	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	3,460
120	0,677	0,845	1,041	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617	3,373
∞	0,674	0,842	1,036	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,290

FUENTE: Estadística Superior

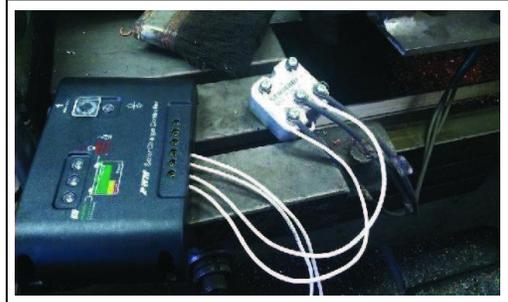
DE: David Giuliadori

Anexo 3

VELETA



INVERSOR Y RECTIFICADOR



PANEL SOLAR



MEDIDORES DE VARIABLES



CONSTRUCCION DE LA BASE Y TEMPLADORES



FUENTE: Grupo Investigador

PREPARACIÓN Y MONTAJE DE LA TORRE



FUENTE: Grupo Investigador

ARMADO Y MONTAJE DEL AEROGENERADOR



FUENTE: Grupo Investigador

PREPARACIÓN Y MONTAJE DEL PANEL SOLAR



FUENTE: Grupo Investigador

PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO

VOLTAJE CONTÍNUO



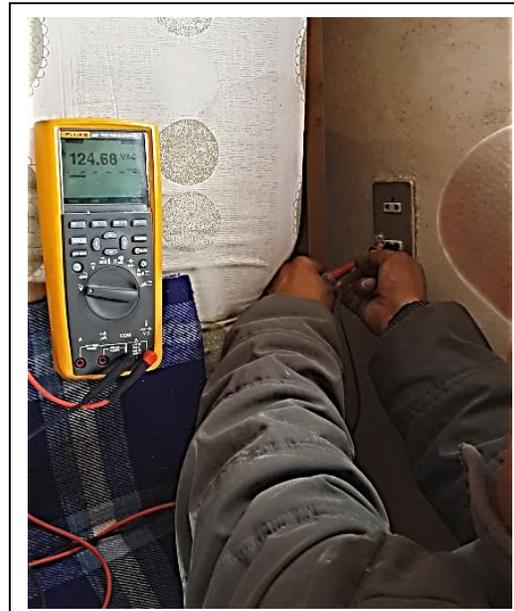
VOLTAJE ALTERNO EN INVERSOR



ILUMINACIÓN DE LA VIVIENDA



MEDICIÓN DE VOLTAJE ALTERNO EN TOMACORRIENTE



FUENTE: Grupo Investigador

Anexo 4

PROGRAMACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

COMPONENTES DEL SISTEMA	PERIODOS			
	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
GENERADOR				
Rodamientos				X
Inspección de imanes			X	
Ajustes de pernos		X		
Pintura				X
RECTIFICADOR				
Inspección de bornes			X	
Revisión de diodos			X	
ROTOR				
Limpieza y barnizado				X
TORNAMESA				
Lubricación rodamientos				X
Ajustes de pernos		X		
Pintura				X
KIT DE VELETA				
Lubricación de pivot				X
Ajustes de pernos		X		
Pintura				X
CABLES ELÉCTRICOS				
Revisión de cables			X	
Ajuste de borneras			X	
REGULADOR				
Limpieza de contactos			X	
Revisión de cables			X	
Ajuste de terminales			X	
INVERSOR				
Limpieza de contactos			X	
Revisión de cables			X	
Ajuste de terminales			X	
BATERÍA				
Limpieza de bornes			X	
Medición de carga		X		
DISCO PARA ASPAS				
Vibraciones			X	
Ajuste de pernos		X		
TORRE				
Ajuste de pernos		X		
Pintura				X
MODULO SOLAR				
Limpieza del cristal		X		
Ajuste de borneras			X	

Anexo 5

MANUAL DE OPERACIÓN DE EQUIPOS MISSOURI

KITS DEL GENERADOR DE TURBINA DE VIENTO Y PANEL SOLAR



Términos limitados para toda la garantía pala de aerogenerador Generación 4 y Raptor Serie: Garantizado de por vida, para no romper con el uso normal. Cuchillas agrietadas o rotas serán reemplazadas de forma gratuita. *Nosotros sólo palas de garantía si se rompen durante el uso normal.*

Es aconsejable seguir los siguientes pasos para el correcto montaje del aerogenerador.

PRECAUCIONES:

- No instalar el aerogenerador épocas de viento fuerte.
- Evitar que funcione libremente el aerogenerador.
- Utilizar cableado adecuado.

La Torre

Se recomienda colocar el aerogenerador sobre una torre independiente para evitar turbulencias y vibración.

En el caso de torres de poca base se le colocarán 3 o 4 tensores cuyos soportes se anclarán generalmente con una base de hormigón al piso y los cables deben ser de acero de 4 a 10 mm

Es recomendable colocar la torre sobre una plataforma de hormigón que esté totalmente nivelado.

No se recomienda colocar pararrayos cerca del área de la torre.

NOTA: Verificar que la torre este totalmente vertical inmóvil y consistente.

Cableado eléctrico

Una vez instalada la torre realizar el cableado eléctrico.

Conectar las baterías y el regulador.

Dimensionar adecuadamente el calibre del conductor, y evitar cambios de polaridad.

Utilizar baterías estacionarias y adecuadas para evitar daños irreversibles.

Para minimizar pérdidas eléctricas, la distancia entre el aerogenerador y el cuadro de regulación deberá ser lo menor posible.

El conexionado eléctrico, es colocar el banco de baterías adecuado y conforme a las especificaciones del fabricante obteniendo como resultado el voltaje y capacidad adecuados.

Luego se procederá a instalar el regulador este se fijará a través de los cuatro orificios situados en la carcasa metálica del mismo, dos superiores y dos inferiores.

NOTA: El regulador debe ser colocado en un lugar ventilado, en posición vertical y separada de las baterías, sin invertir la polaridad.

A la hora de conectar el regulador se han de seguir los siguientes pasos:

- Conecte el negativo de la batería al regulador (Asegure la correcta polaridad).
- Conecte el cable del positivo de la batería al regulador (Asegure la correcta polaridad).

Panel Solar Fotovoltaico

Un módulo de un sistema solar fotovoltaico es un dispositivo que se ha laminado en caliente, se ha sellado con un vidrio templado de bajo contenido de hierro de alta transparencia, con una película anti edad de EVA y un adhesivo de TPT de alta resistencia. Luego se encapsula en un marco de aluminio anodizado que rodea todo el panel. Este marco le da resistencia, alta eficiencia. Larga vida, una instalación sencilla, alta resistencia al condiciones atmosféricas como aire, lluvia y al impacto del granizo.

Recomendación:

Instale los módulos solares fotovoltaicos de acuerdo con las siguientes condiciones:

- Temperatura ambiente: -20°C a $+45^{\circ}\text{C}$

- Temperatura de operación: -40°C a +85°C
- Humedad relativa: abajo de 85RH%
- Presión de nieve: Abajo de 2,000 Pa.
- Presión de Viento: Abajo de 3,000 Pa.
- Es recomendable utilizar siempre tornillos de acero inoxidable ya que los módulos deberán aguantar condiciones por más de 30 años. Evite el uso de tornillos de fierro o de los galvanizados.
- Estos solamente se oxidan con el tiempo.
- El marco del módulo fotovoltaico está fabricado de aluminio anodizado, y por ello se puede producir corrosión si los módulos se someten a medio ambientes salinos, agua de mar, o al contacto íntimo con otro metal. Si es necesario, se puede colocar rondanas de PVC o de acero inoxidable.

Precauciones de seguridad para la instalación de sistemas fotovoltaicos

- Los módulos se conectan a través de los cables con terminadores MC4 que salen de la caja de conexión.
- Los cables y los conectores MC4 se han recomendado ya que soportan temperaturas de hasta 90°C.
- La instalación y el trabajo de mantenimiento se deben de realizar bajo la protección de cobertores solares o en la sombra.
- Use cualquier tipo de equipo de seguridad (material aislado, guantes, botas con suela de hule, lentes) que esté aprobado para instalaciones eléctricas.

Instalación mecánica

Selección de Ubicación:

- Seleccione una ubicación adecuada para la instalación de módulos.

- Busque un lugar bien soleado libre de sombras a cualquier hora del día. Manténgalos lejos de los árboles, edificios u obstrucciones
- Los módulos deben de estar viendo al sur real en latitudes norte y hacia el norte real en latitudes sur.
- Para información detallada sobre la orientación óptima de los módulos fotovoltaicos, refiérase a guías de instalación estándar de paneles solares o a instaladores con reputación o integradores de sistemas fotovoltaicos.
- Mantenga el sistema alejado de flamas o materiales inflamables cuando instale los módulos.

Selección de la estructura y los dispositivos de montaje:

- Nunca haga hoyos sobre el vidrio del módulo. El hacerlo invalidara su garantía.
- Nunca realice hoyos adicionales sobre el marco de aluminio. El hacerlo invalidara su
- garantía.
- Los módulos deberán de estar montados seguramente a la estructura usando ocho puntos para una instalación normal.
- El cálculo de las cargas de peso y las resultantes producidas por los vientos es responsabilidad del diseñador del sistema y del instalador.

Montaje del panel solar:

- Los paneles solares fotovoltaicos conectados en serie de se deben de instalar con la misma inclinación y orientación. Una orientación diferente o una variación en el ángulo producen una pérdida en la potencia de salida debida a la diferencia en la cantidad de energía solar expuesta en los módulos.

- El ángulo de inclinación óptimo medido entre los módulos fotovoltaicos y la horizontal es igual a la latitud donde se encuentra la localidad de la instalación.
- Coloque los módulos en la estructura de montaje, verifique los hoyos en la línea, inserte los tornillos desde el lado de la estructura, coloque una rondana y apriete mediante una llave de tuercas o sistema de dados.
- El módulo solar se detiene mediante el uso de tornillos de acero inoxidable usando los agujeros del módulo o mediante los sistemas de rieles con herramientas apropiadas.
- Conecte las tierras físicas del sistema a los paneles solares. Recuerde que el aluminio anodizado contiene una pequeña capa de óxido que es la que evita la corrosión y para formar una conexión confiable se tiene que sobrepasar la misma.
- Dependiendo de las condiciones de viento y cargas de nieve, se tiene que compensar posiblemente con mayor soporte.
- Si se utilizan prensas de montaje para sujetar el módulo, el torque sugerido en el tornillo debe de ser aproximadamente de 8-10Nm.
- Debido al diseño de los módulos fotovoltaicos, estos nunca se deben de considerar para formar parte de techos o paredes. El diseño tiene un impacto en la resistencia al fuego. Para módulos que se colocan en los techos, es necesario considerar el impacto que generan.
- Dependiendo de las condiciones locales del viento y las cargas de nieve, una pendiente adecuada es recomendable. Una pendiente menor a 40% 12.7cm por cada 30.5cm es necesaria para mantener un rango de tipo fuego.

- Una distancia entre los marcos de los módulos y el techo o las paredes es necesaria para evitar daño en los cables y permitir la libre ventilación detrás del módulo. La altura optima es de 11.5 cm.

Regulador de carga

La función del regulador es transformar la energía del aerogenerador de corriente alterna a corriente continua para la carga de baterías. Luego el regulador controlará el estado de la batería evitando sobrecargas y controlando el funcionamiento del aerogenerador.

- Con la presencia de viento fuerte actuara la resistencia de 73Ω
- Con la presencia de viento fuerte nunca dejar girando el aerogenerador en posición de freno.
- Salida +/- a batería

Funcionamiento del sistema:

Funcionamiento básico:

El regulador transforma la corriente alterna generada por el aerogenerador en corriente continua para la carga de baterías. Cuando las baterías estén descargadas el regulador estará aportando energía a los acumuladores.

En el momento en el que las baterías estén cargadas al el regulador hará que el aerogenerador se frene evitando sobrecargas de las baterías.

La forma de realizar ese frenado es mediante la resistencia aportando cargas controladas al aerogenerador.

El voltaje de regulación viene predefinido de fábrica.

NOTA:

Si las baterías se han descargado o se origina alguna falla en el regulador, se

tiene la opción de RESET para comprobar si el equipo vuelve a su funcionamiento normal.

RESET

Existe un micro-pulsador en la tarjeta del regulador bajo la tapa y si el error persiste, póngase en contacto con el fabricante.

Frenado fijo del aerogenerador:

Por seguridad del equipo y evitar el desgaste sufrido por los elementos mecánicos al exceder la velocidad de giro la actuación de la o las resistencias reducirán la velocidad de giro de forma automática de tal manera que si el voltaje se reduce menos de los 12.5v – 25v – 50v, no volverá a dejar nuevamente libre el aerogenerador.

Si el viento es muy fuerte, puede ocurrir que el aerogenerador no se detenga completamente, aunque la energía generada sí se deriva a las resistencias de frenado.

Cuando se sitúa el conmutador en la posición ON se realiza una secuencia de impulsos para frenado del aerogenerador hasta que este se para por completo o en algún caso, si hay mucho viento, queda girando a pocas revoluciones además queda iluminado el LED indicador.

Esta operación se debe realizar periódicamente para verificar el buen estado de los elementos de frenado: si con viento suave no se detiene el aerogenerador por completo se revisará el cuadro eléctrico.

El regulador detecta el voltaje que tiene en su entrada de baterías y se configura solo, siempre y cuando ese voltaje esté permitido para la potencia que está diseñado.

EJEMPLO:

Cuando el regulador es para un aerogenerador de 6000W sólo puede trabajar con baterías de 48V, entonces si detecta que el voltaje de baterías es de 12 o de 24V está en error.

Montaje del aerogenerador

Hélice

La hélice es la parte en contacto directo con el viento. Su aerodinámica permite el funcionamiento del alternador haciéndolo rodar en función de la velocidad del viento y no sobrepasando las rpm.

Una vez identificadas las partes procedemos a colocar las palas en el disco asegurándonos que este alojada en su respectiva guía y solo queda colocar la otra mitad de la fijación de las hélices y fijarla.

Para el cierre de las fijaciones utilizaremos

- 10 tornillos M6x25, 10 arandelas grower
- M6 y 10 tuercas M6 CON ANILLO DE SEGURIDAD.

Todos los tornillos se apretarán ligeramente y finalmente se asegurará que todos los tornillos tengan un par de apriete de 2 Kpm.

Después de montar la hélice, pasamos a fijarla en el buje que tenemos sobre el eje de rotación.

NOTA:

Revise el correcto montaje de las palas, buje y tornillería.

El tope puede ajustarse dependiendo de la distancia del cono con respecto a la carcasa, sin que estas partes lleguen a rozar entre ellas.

Una vez ajustada la distancia, se apretará la tuerca y contratuerca para que estas no se muevan e introduciremos el cono y colocaremos la tuerca que nos fijará el cono.

Finalmente sólo nos queda colocar la punta embellecedora roscada.

Precaución:

- No manipule el aerogenerador ni el cuadro de control en días de viento.
- No deje el generador funcionando libremente (sin conectar a las baterías), podría dañar el sistema de carga. En caso de que sea necesario desconectarlo de las baterías, déjelo frenado.
- Con el aerogenerador funcionando libremente, el sistema de frenado automático por inclinación no funciona, con lo cual podrían producirse daños irreparables en el aerogenerador.
- No manipule las resistencias del regulador.
- No invierta la polaridad.
- Utilice el cableado adecuado.

Preguntas frecuentes

1. ¿Se puede cambiar la polaridad de la batería?

No, esto repercutiría en la avería del regulador.

2. ¿Importa la polaridad de los cables del aerogenerador?

No, la bajada del aerogenerador es trifásica alterna, por lo tanto estos pueden conectarse sin ningún tipo de orden.

3. ¿Se puede desconectar la batería con el aerogenerador en marcha?

Bajo ningún concepto, ya que esta acción puede provocar daños irreparables en el regulador.

4. ¿Es posible que el regulador provoque que las baterías se descarguen?

Es imposible según la construcción del regulador. Si eso ocurre revise la instalación porque debe tener algún elemento que descarga las baterías.

5. El voltaje que mide el regulador no corresponde con el nivel de batería que miden otros equipos.

Cada fabricante o incluso cada equipo emplea componentes diferentes y estos no suelen ser calibrados por cuestión de costes. Puede haber oscilaciones entre diferentes equipos aunque sean de un mismo fabricante y modelo.

6. ¿Cómo se puede saber la potencia que está entregando el aerogenerador?

Simplemente se han de multiplicar los valores de voltaje y corriente que muestra la pantalla del regulador.

Potencia (W) = Voltaje (V) x Amperios (A).

7. ¿Qué potencia consume el regulador?

La potencia que consume el regulador es despreciable frente a la potencia del aerogenerador y las baterías, es del orden de miliamperios.

8. ¿Cómo se sabe si el aerogenerador está inyectando carga a las baterías?

A través del display del regulador que nos marca la corriente de carga.

9. ¿Se puede alimentar una casa con estos aerogeneradores?

Este tipo de aerogenerador se usa normalmente junto con otros componentes para formar una instalación completa. Estos componentes suelen ser:

- Paneles solares: Producción de energía.
- Reguladores solares: Para controlar la carga de las baterías desde los paneles solares.
- Baterías (Acumulación de dicha energía): Normalmente se diseñan las instalaciones para que tengan 3 días de autonomía, es decir, que puedan

dar suministro a la instalación durante 3 días sin viento ni sol. Son de corriente continua.

- Regulador eólico: Va incluido con el aerogenerador y es el que se encarga de vigilar la vida de la batería. Se encarga de que el voltaje de la batería no sobrepase unos valores peligrosos. Al mismo tiempo se encarga de frenar la máquina cuando esto ocurre.
- Inversor/Cargador: Es el equipo que se encarga de transformar la corriente continua de las baterías en corriente alterna apta para el consumo.

10. ¿Se pueden poner varios aerogeneradores en paralelo?

Si se pueden poner varios aerogeneradores en paralelo.

Solución de problemas:

Para la solución de los posibles que se pudiesen presentar en el funcionamiento de los equipos, presentamos la siguiente tabla en la cual se detalla los problemas y sus respectivas soluciones:

Problema observado	Causa Posible	Solución
Las aspas no giran incluso con un viento muy fuerte	Cableado desde el aerogenerador al regulador incorrecto.	Revisar cableado.
	Freno auxiliar conectado.	Desconectar el freno auxiliar.
	Cortocircuito en las fases del generador	Desconectar las fases del aerogenerador del regulador, si este no gira libremente, el problema puede estar en el cableado. Revise las posibles uniones en el cableado.
	Diodos del regulador en cortocircuito	Desconectar las fases del aerogenerador del regulador, si este gira libremente, su regulador puede estar averiado. Póngase en contacto con su proveedor.
Las aspas giran muy rápido y no carga	Batería desconectada o defectuosa. Voltaje incorrecto entre baterías, regulador y aerogenerador. Fases del aerogenerador	Compruebe que el voltaje de las baterías es correcto. Compruebe que existe voltaje en la entrada del aerogenerador en el regulador. Si no hay voltaje revise el cableado.
El aerogenerador se frena automáticamente con poco viento.	Las baterías pueden estar siendo cargadas por otros equipos como paneles solares.	El funcionamiento es correcto.
Hace mucho viento y no se frena el aerogenerador, con el freno del regulador activado.	El viento es tan fuerte que el freno del regulador no puede llegar a frenar la máquina.	Accionar el freno intermitentemente hasta frenar la máquina, aprovechando las bajadas de la fuerza del viento.
La pantalla del regulador no muestra nada.	Batería desconectada.	Revisar cableado en la parte de continua. Y comprobar que llega tensión al regulador.
	Circuito impreso defectuoso	Revisar conectores en la placa de circuito impreso, si el fallo persiste póngase en contacto con su proveedor

El regulador se calienta mucho	Baterías demasiado pequeñas y/o muy poco consumo.	Revise el dimensionado de su instalación.
	Situación con vientos fuertes.	El funcionamiento es correcto, puede frenar el aerogenerador si su batería está cargada.
El voltaje de las baterías es demasiado alto	Conexión defectuosa de la batería.	Revise los bornes de conexión de la batería/elementos. Reapriete la tornillería de las conexiones.
El voltaje de las baterías es demasiado alto (continuación)	El regulador no está trabajando correctamente	Póngase en contacto con su proveedor.
El aerogenerador vibra	Tornillos flojos	Reapriete toda la tornillería.
	Palas descompensadas	Revise el estado de las palas. Póngase en contacto con su proveedor.
Hace ruido mecánico intermitentemente	Roce entre elementos	Coloque y apriete correctamente los tornillos de la carcasa.
	Ruido interior, revisar si el rotor gira correctamente o si los rodamientos pueden estar dañados.	Póngase en contacto con su proveedor.
Hace mucho viento y se desorienta constantemente	Turbulencias	Revise el lugar de instalación de la torre.